



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

생활과학석사학위논문

신품종 고추의 색상과
생리활성 성분 연구

Studies of Color Properties and Bioactive
Components in New Varieties of Red Pepper

2014년 2월

서울대학교 대학원

식품영양학과

황 영

신품종 고추의 색상과 생리활성 성분 연구

Studies of Color Properties and Bioactive
Components in New Varieties of Red Pepper

지도교수 황 인 경

이 논문을 생활과학석사 학위논문으로 제출함

2013년 11월

서울대학교 대학원

식품영양학과

황 영

황영의 생활과학석사 학위논문을 인준함

2014년 1월

위 원 장 _____ (인)

부 위 원 장 _____ (인)

위 원 _____ (인)

국문초록

본 연구에서는 한국산 서로 다른 계통의 고추를 교배하여 육성된 신품종 고추 24종류를 이용해 색상, 생리활성 성분 및 항산화 활성을 연구함으로써 신품종 고추의 특성을 분석하고, 신품종 고추 품질의 우수성을 탐색하고자 하였다.

신품종 고추의 색도를 측정한 결과 품종 간 차이가 크지 않았고, 선행 연구와 유사한 결과를 보였으며, 신품종 고추는 색도에 있어서 상품성이 있는 것으로 판단되었다. ASTA color value와 총 carotenoid 함량은 선행연구에서 발표한 결과에 비해 높은 것으로 나타났다. 따라서 신품종 고추 색상 특성이 기존 한국 품종보다 개선된 것으로 평가되었다. 또한 고추에 함유한 fructose 함량이 glucose보다 높은 것으로 확인되었으며, 품종 간 차이가 크게 나타났다.

고추는 높은 ascorbic acid, polyphenol 및 flavonoid 함량을 가지고 있는 것으로 나타났으며, 총 capsaicinoid 함량이 상당히 넓은 분포 범위의 수치를 보였다.

신품종 고추의 매운 강도에 대한 평가 결과, 한국산업규격을 기준으로 ‘품종 2, 4, 8, 9, 17, 20, 21, 22’는 매운 맛으로 분류되었고, 나머지 16개 품종은 순한 맛으로 분류되었다. Scoville Hot Unit에 따라 고추를 분류하면, ‘품종 2, 4, 8, 21’은 매운 맛으로 분류할 수 있었으며, 나머지 품종은 이보다 낮은 신미(辛味)를 나타내었다.

고추 80% 메탄올 추출물의 항산화 활성 측정 결과, DPPH와 ABTS 자유기 소거활성은 모두 농도가 증가할수록 항산화 활성이 증가하는 것으로 나타났으며, ‘품종 2, 4, 8, 9, 21, 22, 23’는 다른 품종에 비해 항산화 활성이 높았다. 총 polyphenol 함량은 항산화활성과 가장 높은 양의 상관성을 보였으며, 이를 통해 고추의 항산화 활성이 ascorbic acid보다 polyphenol에 의해 더 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

주성분분석을 통해 신품종 고추의 특성을 파악하였다. 주성분분석의 특성 분포도에서도 고추의 항산화 활성에 가장 영향을 주는 성분이 총 polyphenol 함량임을 알 수 있었다. 제1주성분과 제2주성분을 기준으로 주성분분석의 품종 분포도에 1사분면에 위치한 ‘품종 2, 7, 9, 20, 22’ 5개 품종이 생리활성 성분 및 항산화 활성, 색상에 있어서 우월한 품종인 것을 확인할 수 있었다. 4사분면에 위치한 ‘품종 4, 8, 21’ 등 품종들은 생리활성 성분 및 항산화 활성은 우월하나 색상이 좋지 않으며, 반면에 2사분면에 위치한 ‘품종 6, 19, 24’ 등 품종들은 생리활성 성분 및 항산화 활성은 좋지 않으나 색상은 좋은 것으로 나타났다. 3사분면에 위치한 ‘품종 11, 15, 17’ 등 품종들은 다른 품종에 비해 품질이 좋지 못한 것으로 나타났다.

군집분석을 통해 24개 신품종 고추는 4개의 군으로 분류되었다. 제1군은 ‘품종 5, 11, 1’ 등 9개 품종이 속하였으며 생리활성 성분 및 항산화 면에 뚜렷한 특성을 보이지 않은 품종들이었다. 제2군은 ‘품종 6과 19’ 2개 품종을 포함하였으며 색상 특성이 매우 우수한 품종이었고 제3군에는 ‘품종 15, 16’ 등 5개의 품종이 속하였는데 다른 군에 비해 생리활성 성분 및 항산화 특성을 좋지 않은 품종들이었다. 제4군의 속한 ‘품종 2, 4, 8’ 등 8개 품종들은 생리활성 성분 및 항산화 특성이 다른 군보다 우수한 품종들이었다.

이번 연구를 통해 신품종 고추 간의 색상, 생리활성 성분 함량 및 항산화능의 차이를 확인하였으며, 한국의 기존 품종에 비해 대체적으로 품질이 향상된 품종임을 검증하였다. 주성분분석 및 군집분석으로 분석된 결과에 따라 제2군에 속한 ‘품종 6과 19’는 색상이 매우 우수하면서 순한 맛을 내는 품종들이며, 이 2 가지 품종은 색상과 순한 맛이 중요시되는 어린이를 대상으로 한 음식의 원료로 사용이 적합하며, 따라서 어린이용 김치 등을 제조할 때 사용할 수 있을 것으로 생각되었다. 제4군에 속한 품종들은 생리활성 성분이 많고 항산화활성이 높으므로, 이런 품종들을 활용하여 기능성 고추장, 기능성 글로벌 고추 소스를 개발하기에

사용하기가 적합한 것으로 사료된다. 이와 같이 신품중 고추의 특성에 따라 다양한 식품이나 음식에 적용하여 기존 제품의 단점을 보완하면서 새로운 소비를 창출과 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 새로 육종한 신품중 고추의 품질 차이를 분석하고 생리활성 성분의 우수성을 확인하는 기초 연구로써, 기능성 식품소재로써의 고추의 이용 가능성을 증진시킬 수 있는 기초 자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 신품중 고추, 색상, 생리활성 성분, 항산화 활성, 주성분 및
군집분석

학 번 : 2012-22651

목 차

국문초록	i
목차	iv
표목차	vii
그림목차	ix
I. 서론	1
II. 실험재료 및 방법	5
1. 실험재료	5
2. 실험방법	5
2.1. 색상 분석	5
2.1.1. 색도 측정	5
2.1.2. ASTA color value 측정	6
2.1.3. 총 carotenoid 측정	6
2.2. 유리당 함량 측정	7
2.3. 메탄올 추출	9
2.4. 생리활성성분분석	9
2.4.1. Ascorbic acid 함량 측정	9
2.4.2. 총 polyphenol 함량 측정	11
2.4.3. 총 flavonoid 함량 측정	11
2.4.4. Capsaicinoids 함량 측정	12

2.5. 매운맛 강도 평가	14
2.5.1 한국산업규격	14
2.5.2. Scoville Heat Unit (SHU)	14
2.6 메탄올 추출물 항산화 측정	15
2.6.1. DPPH 자유기 소거 활성능	15
2.6.2. ABTS 자유기 소거 활성능	15
3.1 통계처리	16
 Ⅲ. 실험결과 및 고찰	 17
1. 신제품 고추의 색상 분석	17
1.1. 색도 및 ASTA color value	17
1.2. 총 carotenoid 함량	21
2. 유리당 함량	23
3. 생리활성성분 분석	25
3.1. Ascorbic acid 함량	25
3.2. 총 polyphenol 및 총 flavonoid 함량	27
3.3. Capsaicinoids 함량	31
4. 매운맛 강도 평가	34
4.1 한국산업규격	34
4.2 Scoville Heat Unit (SHU)	34
5. 메탄올 추출 항산화 활성능	37
5.1. DPPH, ABTS 자유기 소거 활성능	37
5.2. 생리활성성분과 항산화 활성과의 관계	41

6. 통계분석	43
6.1. 주성분분석	43
6.2. 군집분석	47
IV. 요약 및 결론	49
참고문헌	53
Abstract	63

표 목차

Table 1. Operating condition of free sugar	8
Table 2. Operating condition of ascorbic acid	10
Table 3. Operating condition of capsaicinoids	13
Table 4. Hunter's color values and ASTA color values of acetone extract from new varieties of red pepper	19
Table 5. The contents of total carotenoid in new varieties of red pepper	22
Table 6. The contents of free sugar in new varieties of red pepper	24
Table 7. The contents of ascorbic acid in new varieties of red pepper	26
Table 8. The contents of total polyphenol in new varieties of red pepper	29
Table 9. The contents of total flavonoid in new varieties of red pepper	30

Table 10. The contents of capsaicinoids in new varieties of red pepper	32
Table 11. The Scoville Heat Unit of new varieties of red pepper	36
Table 12. EC 50 values and vitamin C equivalent antioxidant capacity of new varieties of red pepper	40
Table 13. Correlation coefficients between the contents of bioactive components and antioxidant effects by DPPH, ABTS assay	42

그림 목차

Figure 1. DPPH radical scavenging activities of new varieties of red pepper methanol extracts	39
Figure 2. ABTS radical scavenging activities of new varieties of red pepper methanol extracts	39
Figure 3. Principal component analysis (PCA) plots (a) loading plots for different variables on PC1 and PC2 (b) PC1 and PC3	45
Figure 4. Principal component analysis (PCA) plots (a) loading plots for different variables on PC1 and PC2 (b) PCA scores plot for new varieties red pepper	46
Figure 5. Dendrogram of hierarchical cluster analysis (HCA) of new varieties of red pepper	48

I. 서론

고추(*Capsicum annuum* L.)는 가지, 감자 등과 함께 가지과에 속하는 식물로 화려한 색과 독특한 매운맛을 가지고 있으며 세계적으로 많이 소비되고 있는 향신료 중에 하나이다. 특히 고추는 김치, 고추장 등의 주요 식재료로써, 오래전부터 한국 음식의 맛을 내는 중요한 양념채소로 자리 잡고 있다(Park 2011, 농촌진흥청 2012).

고추 품종은 세계적으로 20여 종 이상이 알려져 있는데, 주로 재배되고 있는 품종은 *Capsicum annuum*, *Capsicum baccatum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum frutescens*, *Capsicum pubesense* 5가지를 들 수 있다. 그 중에 가장 넓은 지역에 재배되고 있는 *Capsicum annuum*은 다른 품종에 비해 과실이 약간 크고 매운맛이 약한 품종이며 한국에 재배되고 있는 거의 모든 고추는 *Capsicum annuum*에 속한다(권 등 2010, 농촌진흥청 2012).

고추의 가장 중요한 특성 중 하나가 독특한 매운맛을 가지고 있는 것이다. 고추의 매운맛은 capsaicinoid계 물질에 기인한 것으로 알려져 있으며, capsaicinoid는 alkaloid 계열에 속하는 무색의 지용성 물질로써 9-11개의 탄소를 함유한 지방산을 포함하고 있는 vanillyamide 구조로 되어 있다. 선행연구에 보고된 capsaicinoid 유도체는 주로 capsaicin, dihydrocapsaicin, homocapsaicin, homodihydrocapsaicin 등이 있으며 이 중 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 함량이 80% 이상으로, 매운맛을 내는 주된 성분으로 알려져 있다(Kawada 등 1985, Chiang 1986, Topuz 등 2007). 고추의 매운맛 성분 함량은 종과 재배 지역 및 환경, 건조 방법에 따라서 차이가 발생하나, 가공 및 저장 조건에 대해서는 비교적 안정적이다. 특히 비타민 C, carotenoid 등의 성분에 비해 빛이나 열에 대한 비교적 안정적이어서 가열조리에서도 많이 사용되고 있다(Choi 등 2004, Jeon 2009, Hwang 등 2011). Capsaicinoids

는 음식의 풍미를 향상시키고 식욕을 촉진할 뿐만 아니라 항산화, 항암, 당뇨병성 신경성증, 관절염, 신경통 및 피부건선 치료 등 다양한 생리활성 효과가 있음이 보고되고 있다(Rose 등 2002, Zhang 등 1994, Akio 등 2006, Kang 등 2007).

Carotenoid계 색소는 자연에 널리 분포되어 있는 색소로써, 고추가 붉은 색을 나타내는데 크게 관여한다. 자연계에는 약 400가지의 서로 다른 carotenoid들이 확인되고 있다(Davidek 등 1990). 그 중에 capsanthin과 capsorubin은 유일하게 *Capsicum* 종에만 존재하는 것으로 알려져 있으며, 그 이외에 고추는 zeaxanthin, lutein, β -carotene, β -cryptoxanthin 등 노란색 계열의 carotenoid 색소들도 함유하고 있다(Minguze-Mosquera 등 1992, Minguze-Mosquera 등 1998, Rodriguez-Burruezo 등 2010). 고추류에서 carotenoid 색소는 품종 또는 성숙도에 따라 큰 차이를 보이는 것으로 보고되어 있다. 수확 후 색상의 유지는 초기에는 종과 성숙도에 영향을 많이 받으며, 건조제품을 저장하는 동안에는 보관 온도, 공기나 빛에 대한 노출 등의 요소에 의해 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (Kim 2002, Howard 등 2008, Jeon 2009). 한국에서 고추는 대부분 건조과정을 거친 후 사용하고 있어 건조방법에 따른 품질에 차이가 발생하였으며 건조조건에 따라 색의 변화에 관한 연구가 많이 진행되었다(Kim 2002, Topuz 등 2011, Lim 2012).

고추는 여러 유기산, 유리당, 유리 아미노산, 비타민을 함유하고 있으며, 항산화 활성 및 항암 활성 등의 생리 활성 효과가 있다고 알려진 비타민 C와 페놀성 화합물을 함유하고 있다(Jeon 2009, Park 2011, Zhuang 등 2012). 비타민 C는 대표적인 수용성 비타민 및 항산화 성분으로써 암 예방, 노화 예방, 철의 흡수를 도우며, 콜라겐의 합성과 뼈를 형성하는 데에 필요한 것으로 보고되고 있다(Choi 2006, Gropper 등 2009). 고추의 비타민 C 함량은 감귤의 2배, 사과 30배로 비타민 C 함량이 높은 채소 중 하나이며, 청고추 보다는 홍고추로 숙성될수록

함량이 증가하다. 또한 고추에 들어 있는 비타민 C는 색상의 안정성에 대해서도 영향을 미치는 것으로 보고되었으며, 매운맛 성분인 capsaicin 때문에 산화가 억제되어 다른 채소류 보다 조리과정 중 손실량이 적은 것으로 알려져 있다. 하지만 비타민C는 고추의 건조과정 중 많이 파괴되며, 특히 건조온도가 높아질수록 함량은 점차 감소하는 것으로 보고되었다(Osuna-Garcia 등 1998, Gnayfeed 등 2001, Kim 2002, 농촌진흥청 2012, Lee 2013).대표적인 생리활성 물질인 페놀성 화합물은 식물 2차 대사물질로 과일 및 야채류에 주로 배당체 형태로 널리 분포하고 있으며, 체내 항산화효과, 항암 및 심혈관과 당뇨질환의 예방 및 완화, 뇌기능 장애, 백내장, 면역계 쇠퇴 등을 조절하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Scabert 등 2005, Han 2009).

고추는 다양한 생리활성 성분을 가지고 있으며, 항산화, 항암, 항염증 등의 효능이 밝혀지면서 그 소비가 증가되고 있는 추세이다. 한국의 고추 소비량은 건고추 기준으로 일인당 4.0 kg으로 세계 최고 수준이다. 하지만 고추의 수확 작업에 대한 기계화 기술이 널리 보급되지 않아 노동력이 많이 필요하므로, 농가 인구 고령화로 인한 노동력 부족으로 최근 몇 년간 재배농가 수, 재배면적과 생산량이 지속적으로 감소하고 있다. 생산량 감소, 판매가격이 상승으로 인해 한국산 고추의 공급량은 감소하고 있으나 수입 고추의 시장 공급량이 2011년 60%까지 증가하였고, 이 중 가격 경쟁력이 높은 중국산 고추가 총 수입량의 90% 이상을 차지하고 있다(한국농촌경제연구원 2013, 통계청 2012). 현재 협상중인 한-중 FTA가 체결되면 고추를 포함한 중국 농산물의 수입 확대는 불가피하다. 따라서 앞으로의 FTA 협상과 기능성 식품에 대한 필요성 증가 등에 대비하여 소비자 기호에 맞는 고품질의 다양한 한국산 고추 신품종을 육성할 필요가 있으며, 이들의 특성을 평가할 필요가 있다. 새로 육종된 신품종을 활용하여 전통 고추장, 글로벌 고추장 소스의 개발하면 새로운 소비 창출과 고추 품종의 국제 경쟁력을 유지할 수 있을 것으로 사료된다.

따라서 본 연구에서는 한국산 서로 다른 계통의 고추를 교배하여 육성된 신품종 고추 24종류를 이용해 색상, 생리활성 성분 및 항산화 활성을 연구함으로써 신품종 고추의 특성을 분석하여 신품종 고추 품질의 우수성을 탐색하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험 재료 및 전처리

본 연구에 사용한 고추는 한국산 서로 다른 계통의 고추를 교배하여 육성된 신품종으로, 태국 콘캔 지역에서 2012-2013년에 재배되었다. 수확된 고추를 일광건조 후, 씨를 제거하여 분쇄한 다음, 250 μm 체를 통과한 시료를 분말 형태로 -80°C 에 보관하면서 실험에 사용하였다.

2. 실험 방법

2.1. 색상 분석

2.1.1. 색도 측정

분말 형태인 고추 시료를 petri dish($\varnothing 3.5\text{cm}$)에 채운 후 색도 측정용 시료로 준비하고, 이를 색차계(CM-3500D, Minolta, Japan)를 이용하여 9회 반복 측정하였다. 시료의 색도는 Hunter's color value인 L(명도, Lightness), a(적색도, Redness), b(황색도, Yellowness)값으로 나타내었으며, 이때의 표준 백판은 $L=95.79$, $a=-0.17$, $b=-0.20$ 이었다.

2.1.2. ASTA color value 측정

고추의 ASTA color value는 ASTA-20.1방법(1986)으로 측정하였다. 분말 형태인 고추 시료 0.1 g을 아세톤 100 mL를 가하여 교반기(Shaking incubator, SI-600R, Jeio Co LTD, Incheon, Korea)를 이용하여 암실에서 16시간 동안 120 rpm으로 교반하여 추출하였다. 추출액의 상층액을 취하여 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys, Korea)를 이용하여 460 nm파장에서 흡광도를 측정하였다. 측정된 흡광도 값을 아래 식에 대입하여 ASTA color value를 계산하였다.

$$\text{ASTA color value} = \frac{\text{Absorbance} \times 16.4 \times I_f}{\text{sample weight(g)}}$$

I_f : Instrument correction factor

2.1.3. 총 carotenoid 함량 측정

분말형태인 고추시료 0.01 g에 벤젠 10 mL를 가하고 교반기(Shaking incubator, SI-600R, Jeio Co LTD, Incheon, Korea)를 이용하여 25℃에서 1시간 동안 120 rpm으로 교반하며 추출하였다. 추출액의 흡광도를 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys. Korea)를 사용하여 483 nm에서 흡광도를 측정하였고 capsanthin의 specific extinction coefficient($E_{1\%}^{1\text{cm}}$)인 2072를 계수로 이용하여 아래의 식에 의해 계산하였다(Goodwin 등 1976).

$$\text{Carotenoid(mg)} = \frac{\text{Absorbance} \times \text{Volume(mL)}}{\text{Absorbance} \times \text{Volume(mL)}} \times 1000$$

2.2 유리당 함량 측정

고추의 유리당 함량은 Kim 등(2007)의 방법에 따라 측정하였으며, 분말 형태인 고추 2 g에 80% 에탄올 40 mL를 가하여 vortex mixer로 2분간 추출한 후 상층액을 0.45 μ m PVDF filter로 거른 후 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. 분석조건은 Table 1와 같으며, 표준물질은 glucose와 fructose를 사용하여 표준 검량 곡선을 작성하였고, 고추의 유리당 함량은 fructose, glucose의 합으로 산출하였으며, 시료 건조중량 %로 나타내었다.

Table 1. Operating condition of free sugar

Instrument parameter	Condition
Model	HPLC system (PU-2089 Plus, Jasco, Japan)
Detector	RI detector
Column	carbohydrate analysis column (3.9×300 mm, 10 μ m, Waters, USA)
Mobile phase	A: 100% Acetonitrile B: Water (A:B = 87:13, v/v)
Flow rate	1.2 mL/min
Injection volume	20 μ L

2.3. 메탄올 추출

분말형태인 고추시료 20 g에 80% 메탄올 200 mL를 넣고 교반기 (Shaking incubator, SI-600R, Jeio Co LTD, Incheon, Korea)를 이용하여 25℃에서 12시간 동안 120 rpm으로 교반하여 추출하였다. 추출액은 여과지(Whatman, NO.1)로 거른 후, 남은 잔사는 동일한 방법으로 2회 반복 추출하여 총 600 mL의 메탄올 추출물을 얻었다. 추출물은 회전 진공농축기(Rotavapor, Buchi, Germany)로 감압·농축하여 동결 건조한 후, 분말 형태로 -80℃에서 보관하면서 분석에 사용하였다.

2.4. 생리활성성분분석

2.4.1 Ascorbic acid 함량 측정

Ascorbic acid 함량은 식품공전의 방법(2000)을 따라 측정하였다. 분말 형태인 고추 시료 0.5 g에 동량의 10% 메타인산 0.5 mL을 가하여 10분간 현탁시킨 후, 5% 메타인산 9.5 mL을 넣어 총 10 mL로 정용하였다. 이를 vortex mixer로 1분간 잘 혼합하고 20분간 방치 ascorbic acid를 추출하였다. 이후, 1000 rpm에서 10분간 원심분리 하였다. 상층액을 취해 HPLC용 0.2 μ m syringe filter로 여과하여 HPLC용 분석시료로 사용하였다. 분석조건은 Table 2과 같으며, 표준물질은 L-ascorbic acid를 사용하여 200-1000 mg/mL의 농도로 용해시켜 사용하여 표준 검량 곡선을 작성하였고, 고추의 ascorbic acid 함량은 시료 건조중량 1 g 당 mg함량으로 나타내었다.

Table 2. Operating condition of ascorbic acid

Instrument parameter	Condition
Model	HPLC system(Dionex, USA)
Detector	UV detector : 254 nm
Column	μ -bondapack C18 (3.9 \times 300 mm, 10 μ m, Waters, USA),
Mobile phase	A: 100% Acetonitrile B: 0.05M KH ₂ PO ₄ (A:B = 40:60, v/v)
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	10 μ L

2.4.2. 총 polyphenol 함량 측정

총 polyphenol 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(Zhuang 등 2012)을 변형하여 분석하였다. 고추 메탄올 추출물 5 mg/mL 농도로 녹인 시료 120 μ L에 증류수 600 μ L를 가한 다음, 2 N Folin-Ciocalteu reagent (Sigma Chemical Co. USA) 600 μ L을 넣은 후 교반하였다. 이 용액에 30% Na_2CO_3 용액 1800 μ L와 증류수 480 μ L를 가한 다음 상온에서 2시간 동안 반응시켜 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys. Korea)를 이용하여 765 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 표준물질로 사용하였으며, 건조중량 1 g 당 mg gallic acid equivalent(GAE)로 환산하여 표시하였다.

2.4.3. 총 flavonoid 함량

총 flavonoid 함량은 Menichini 등의 방법(2009)을 참고하여 분석하였다. 5 mg/mL의 농도로 녹인 시료 메탄올 추출물 400 μ L에 증류수 1600 μ L를 가한 후 교반하였다. 5% NaNO_2 120 μ L를 가하고 교반한 후 실온에 5분 동안 방치하였다. 이후 10% AlCl_3 120 μ L를 넣고 교반한 후 실온에 6분 동안 방치한 다음, 1 M NaOH를 800 μ L 가하고 바로 3차 증류수 960 μ L를 가하여 희석한 다음 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys. Korea)로 510 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin를 표준물질로 사용하였으며, 건조중량 1 g 당 mg quercetin equivalents (QE)로 환산하여 표시하였다.

2.4.4. Capsaicinoids 함량 측정

Capsaicinoids 함량은 Attuquayefio 등의 방법(1987)을 변형하여 분석하였다. 메탄올 추출물 1 g에 acetonitrile 10 mL를 가한 다음, 1분간 교반하였다. 상층액을 0.2 μ m syringe filter로 여과하여 HPLC 분석용 시료로 사용하였다. 분석조건은 HPLC system(Dionex, USA)를 이용, 분석조건은 Table 3와 같으며, 표준물질은 capsaicin, dihydrocapsaicin을 25–400 μ g/mL의 농도로 용해시켜 사용하여 표준 검량 곡선을 작성하였고, 고추의 capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량은 시료 건조중량 100 g 당 mg함량으로 나타내었다.

Table 3. Operating condition of capsaicinoids

Instrument parameter	Condition
Model	HPLC system(Dionex, USA)
Detector	UV detector : 280 nm
Column	X Terra RP C18 (4.6 x 250 nm, 5 μ m, Waters, USA)
Mobile phase	A: 100% Methanol B: Water (A:B = 70:30, v/v)
Flow rate	1.0 mL/min
Injection volume	20 μ l

2.5. 매운맛 강도 평가

2.5.1 한국산업규격

한국산업규격 KS H 2157(2008)을 기준으로 식품종 고추의 capsaicin 함량이 42.3 mg% 이상은 매운 맛, 그 이하는 순한 맛으로 분류되었다.

2.5.2 Scoville Heat Unit (SHU)

Scoville Heat Unit은 고추의 자극이나 매운맛 정도를 측정하는 지표로서 단위가 없으며 이 값은 관능 상 매운맛의 강도와 capsaicinoid계 물질의 농도 사이의 관계를 수치화 한 것이다. 2.4.4에 측정된 capsaicin과 dihydrocapsaicin 함량(mg/kg)을 아래 식에 대입하여 Scoville Heat Unit을 계산하였다(Todd 등 1977)

$$\text{SHU} = ((\text{capsaicin} \times 16.1) + (\text{dihydrocapsaicin} \times 16.1)) \times 10$$

2.6 항산화 활성능 측정

2.6.1 DPPH 자유기 소거 활성능

DPPH 자유기 소거 활성능은 Brand Williams 등(1995)의 방법에 따라 측정하였다. 1, 3, 5 mg/mL의 농도로 녹인 시료 메탄올 추출물 200

μL 에 0.2 mM DPPH (α, α -diphenyl-picrylhydrazyl, Sigma Chemical Co. USA) 용액 800 μL 을 가하여 실온에 암소에서 30분 동안 반응시킨 후, 분광광도계(SpectraMax 190, Molecular Devices, USA)를 이용하여 517 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 이를 아래 계산식에 대입하여 DPPH 자유기 소거 활성능을 계산하였다. 양성 대조군으로 L-ascorbic acid를 사용하여 표준 검량 곡선을 작성하였고 자유기 소거 활성능을 vitamin C equivalent antioxidant activity(mg VCEAC/g)로 환산하여 나타내었다(Kim 등 2002).

$$\text{DPPH radical scavenging activity(\%)} = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100$$

A: 추출물 첨가구의 흡광도

B: 추출물 비첨가구의 흡광도

2.6.2 ABTS 자유기 소거 활성능

ABTS(2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) 자유기 소거 활성능은 Kim 등(2002)의 방법을 참고하여 측정하였다. PBS(100 mM potassium phosphate buffer, pH 7.4)에 각각의 녹인 1.0 mM AAPH 와 2.5 mM ABTS (Sigma Chemical Co.)를 1:1로 섞어 70℃ 항온수조에서 1시간정도 반응시켜 ABTS 자유기를 생성시켰다. 이후, 분광광도계(Optizen 2120 UV, Mecasys. Korea)를 이용하여 734 nm 파장에서 흡광도 값이 0.65 ± 0.02 가 되도록 조절하였다. 농도별(1, 2, 3 mg/mL)로 녹인 고춧가루 메탄올 추출물 20 μL 에 ABTS 용액 980 μL 을 넣어 37℃ 항온 수조에서 10분간 반응시킨 후, 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이를 아래 계산식에 대입하여 ABTS 자유기 소거 활성능을 계산하였다. 양성 대조군으로 L-ascorbic

acid를 사용하여 표준 검량 곡선을 작성하였고 고춧가루의 ABTS 자유기 소거 활성능을 vitamin C equivalent antioxidant activity(mg VCEAC/g)로 환산하여 나타내었다.

$$\text{ABTS radical scavenging activity(\%)} = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100$$

A: 추출물 첨가구의 흡광도

B: 추출물 비첨가구의 흡광도

3.1 통계처리

본 연구 결과의 통계처리는 IBM SPSS Statistics(Ver. 21.0) 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 나타내었다. 고추의 특성을 분석하기 위해 주성분분석과 군집분석을 실시하였다. 주성분분석에서는 고유값 1 이상인 주성분을 선택하였다. 군집분석은 계층적 군집분석을 수행하여 Ward의 방법을 이용하여 군집을 구성하였으며 관측벡터간 거리는 유클리드 거리로 시용하였다. 또한, 고추에 함유한 생리활성 성분과 항산화 활성 간의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson' s correlation analysis를 수행하였다(SPSS, 21.0)

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 신품종 고추의 색상 분석

1.1 색도 및 ASTA color value

고추의 외관적인 색도는 소비자가 제품을 선택하는데 중요한 요소로써 고추의 화려한 붉은 색은 주로 지용성 색소인 carotenoid류 물질에 의하여 나타나는 것으로 알려져 있다.

색차계로 측정된 고추의 Hunter's Lab 색도는 Table 4에서 보는 바와 같다. 고추 색의 밝기를 나타내는 L값은 33.42-38.72, 적색도를 나타내는 a값은 31.63-36.02, 황색도를 나타내는 b값은 16.93-20.02의 범위로 측정되었으며, 품종 간 차이가 크지 않았다. 고추의 붉은색 품질을 평가하고자 $a \times L$ 값을 이용하였으며, 이 값이 700 이상이면 밝은 적색으로 분류할 수 있는 것으로 알려져 있다(Ramakrishan 등 1973, Sung 등 2012). 이번 실험에서 측정한 $a \times L$ 값은 1109-1357로 나타났다으므로 모든 품종이 밝은 적색으로 평가되었다. 선행연구의 결과에 의하면 Hwang 등(1998)은 고추의 L값은 31.6-36.6, a값은 28.9-34.6으로 보고하여 $a \times L$ 값은 913-1266으로 추정할 수 있으며, Hwang 등(2011)은 재배지역별 청양고추의 색도 측정에 L값 35.75-43.42, a값 28.89-37.12인 것으로 보고하여, $a \times L$ 값은 1033-1612으로 추정되었다. 또한 Park(2011)은 86종 고추의 색도 측정 결과 L값은 25.67-32.19, a값은 31.11-40.33, $a \times L$ 값은 799-1250로 보고하여, 본 연구의 결과는 선행연구와 비슷한 범위를 보였으며 신품종 고추는 색도에 있어서 상품성이 있는 것으로 판단되었다.

ASTA color value는 미국양념협회에서 공인한 붉은색 색소측정방법으로 고추원료나 색소추출물의 함량을 표시하는 지표로써 미국 등 많은

나라에서 고추와 파프리카 등의 색상을 평가하는 객관적 단위로 사용되고 있다. 미국의 규격은 ASTA color value 70이상을 유효 적색도로 보고, 70-160인 경우에 5-6 단계로 품질 분류하고 있으며, 헝가리의 규격은 ASTA color value 120 이상을 Extra, Delicate, Noble sweet, 65이하를 Rose로 표현하고 있다(Jung 등 2007, Jeon 2009). 그러나 한국의 식품공전 규격이나 한국산업표준(KS)규격 등에는 색상에 대한 규격은 설정되어 있지 않다.

이번 연구에서 측정된 ASTA color value는 116.69-249.83 범위의 값으로 평균값은 173.64이었다. 24품종 가운데 ‘품종 4, 6, 19, 20’의 ASTA color value는 200이 넘었으며 색상이 매우 우수한 것으로 나타났다. Kim(2002)은 한국산 고추 47종의 ASTA color value 측정 결과, 64.55-124.07 범위의 값을 보였고 평균값은 96.53인 것으로 보고하였다. Park(2011)은 한국에서 재배된 지역별 고추의 ASTA color value를 측정한 결과, 영양지역에 재배된 고추의 ASTA color value가 84.87-161.62의 범위, 평균값은 128.20인 것으로 보고하였다. 또한 농림수산식품부 (2012)의 수출용 고추원료 품질 특성연구보고에 따르면 국산 건고추의 ASTA color value는 2009년 수확한 고추의 평균값이 115, 2010년은 125, 2011년은 130로 나타났다. 여러 선행연구 결과와 비교했을 때, 이번 실험에 사용한 신품종 고추의 색상이 기존의 한국 품종보다 우수한 것을 확인할 수 있었다.

Table 4. Hunter' s color values and ASTA color values of acetone extract from new varieties of red pepper

Samples	Hunter' s color value				ASTA ²⁾
	L ¹⁾	a	b	a × L	
1	36.46±0.58	31.63±0.45	18.41±0.12	1153±11.35	165.95±1.73
2	36.72±0.17	34.41±0.20	18.67±0.08	1263±8.82	196.59±3.36
3	35.26±0.17	34.53±0.17	19.05±0.07	1217±7.60	195.80±1.85
4	34.98±0.25	32.99±0.03	17.84±0.12	1154±7.29	201.31±3.42
5	36.76±0.26	34.64±0.38	19.61±0.11	1273±18.55	150.75±1.85
6	34.97±0.20	34.65±0.31	18.09±0.04	1212±5.17	249.83±2.51
7	35.46±0.42	35.05±0.05	18.25±0.50	1243±13.36	193.09±3.14
8	36.03±1.08	34.23±0.24	18.64±0.80	1233±29.83	175.04±3.43
9	37.73±0.26	35.99±0.08	19.86±0.03	1357±12.32	186.84±3.80
10	36.97±0.54	33.06±0.09	18.83±0.30	1222±20.40	174.62±2.01
11	36.48±0.23	33.57±0.18	19.01±0.08	1224±9.20	136.16±1.66
12	36.54±1.06	33.47±0.15	19.62±0.02	1222±30.68	146.11±3.43
13	34.15±0.07	32.47±0.21	17.31±0.09	1109±7.22	172.47±1.67
14	36.10±0.36	34.85±0.17	19.06±0.09	1258±16.64	190.86±3.45

15	37.47±0.38	34.64±0.63	19.87±0.07	1298±12.66	137.71±1.79
16	36.86±0.12	33.39±0.26	19.21±0.06	1231±13.43	143.48±1.62
17	38.72±1.19	33.46±0.14	20.02±0.75	1295±34.41	116.69±3.07
18	36.97±0.29	34.66±0.12	19.38±0.08	1281±7.70	132.31±2.54
19	33.42±0.61	33.63±0.46	16.93±0.21	1124±26.09	216.01±3.36
20	33.70±0.28	33.73±0.17	17.14±0.10	1137±5.94	206.49±3.34
21	36.34±0.20	34.41±1.13	18.60±0.08	1250±40.70	165.75±3.29
22	37.15±0.10	34.30±0.09	18.92±0.09	1274±5.73	194.69±3.31
23	37.61±0.03	31.98±0.75	19.34±0.06	1202±28.19	141.81±2.07
24	36.05±0.07	36.02±0.21	19.22±0.05	1298±5.23	177.07±3.33
Min–Max	33.42–38.72	31.63–36.02	16.93–20.02	1109–1357	116.69–249.83
Mean±SD	36.20±1.29	33.99±1.10	18.79±0.85	1230±61.35	173.64±31.45

All results are expressed as mean±SD for nine replicates

¹⁾Hunter L=lightness, a=redness, b=yellowness

²⁾American Spice Trade Association Value

1.2 총 carotenoid 함량

고추의 총 carotenoid 함량은 capsanthin을 기준으로 계산하였다. 측정 결과는 Table 5에 제시한 바와 같이 3.19–6.11 mg/g dry basis의 수치를 나타냈으며, 평균값은 4.52 mg/g dry basis으로 나타났다. Kim(2002)은 한국산 고추의 총 carotenoid 함량은 2.31–4.10 mg/g dry basis의 범위의 값으로, 평균값은 3.34 mg/g dry basis로 보고하였다. 따라서 본 연구에서 측정된 신품종 고추의 carotenoid 함량은 선행연구에서 발표한 함량에 비해 높은 것으로 나타났다. 총 carotenoid 함량은 품종 간 차이가 컸으며 ‘품종 5, 11, 12, 15, 17, 18, 23’은 4.00 mg/g dry basis 이하로 낮게 측정되었고 ‘품종 6, 7, 19, 20, 22’는 5.00 mg/100g dry basis 이상으로 다른 품종에 비해 높게 측정되었다.

고추류에서 색소의 함량은 종 또는 수확시기에 따라 차이가 보이는 것으로 보고되었으며(Lee 2013, Howard 2008), 수확 후 색상의 유지는 초기에는 종과 성숙도에 영향을 많이 받으며, 건조제품을 저장하는 동안에는 보관 온도에 의해 파괴되는 것으로 알려져 있으며, 즉 온도가 높을수록 파괴가 심해지며 공기나 빛에 대한 노출은 색소의 파괴를 촉진한다고 보고되어 있다(Kim 2002, Jeon 2009, Howard 2008). 본 연구의 결과가 선행연구에 보고된 수치와 차이가 나타난 것은 품종 간 차이뿐만 아니라 수확시기와 건조, 저장조건이 다르기 때문으로 생각된다. 또한 본 실험에 사용한 시료 간에 색소의 차이를 보인 결과는 재배와 건조 및 저장 조건은 동일하므로 품종의 차이가 가장 크게 관여한 것으로 사료된다.

Table 5. The contents of total carotenoid in new varieties of red pepper

(Unit: mg/g dry basis)			
Samples	Total carotenoid	Samples	Total carotenoid
1	4.25 ± 0.24	14	4.55 ± 0.01
2	4.91 ± 0.81	15	3.80 ± 0.08
3	5.09 ± 0.20	16	4.16 ± 0.05
4	4.89 ± 0.08	17	3.19 ± 0.11
5	3.55 ± 0.06	18	3.63 ± 0.14
6	6.11 ± 0.38	19	5.96 ± 0.19
7	5.49 ± 0.09	20	5.02 ± 0.06
8	4.40 ± 0.21	21	4.11 ± 0.08
9	4.86 ± 0.08	22	5.61 ± 0.21
10	4.61 ± 0.07	23	3.71 ± 0.07
11	3.55 ± 0.16	24	4.65 ± 0.07
12	3.70 ± 0.11	Min–Max	3.19–6.11
13	4.62 ± 0.24	Mean \pm SD	4.52 ± 0.79

All results are expressed as mean \pm SD for three replicates

2. 유리당 함량

고추에 포함되어 있는 유리당의 종류로는 fructose, glucose, sucrose, maltose 등이 있다. 이 중에서도 fructose, glucose의 함량이 월등히 높다고 보고되어 있으며, sucrose과 maltose는 미량 함유되어 있는 것으로 알려져 있다(Polacsek-racz 등 1981, Lee 등 1992, Lee 등 2005).

고추에서 측정된 유리당 함량은 Table 6에 나타내었다. 측정 결과, 신품종 고추의 fructose 함량은 건조중량의 3.00-9.96%, 평균값 6.79%, glucose 함량은 1.33-9.71%, 평균값 5.05%로 측정되었으며, fructose의 함량이 더 높은 것으로 확인되었다. 유리당 함량은 glucose와 fructose 함량을 합쳐 계산하였으며, ‘품종 1’이 19.55%로 가장 높게 측정되었으며, ‘품종 2’가 4.33%로 가장 적은 유리당을 함유하는 것으로 나타났으며, 품종 간 차이가 크게 나타났다. 고추의 유리당 함량은 품종 간의 형질적 차이와 건조 저장 시 분해, 산화, 갈변 등의 차이에 따라 발생하는 것으로 보고되었으나(Son 등 1995, Choi 등 2000), 본 시료에 사용한 신품종 고추의 경우, 재배, 건조 및 저장 조건이 동일했으므로 유리당 함량 차이는 품종간의 차이에 비롯된 것으로 생각된다.

Table 6. The contents of free sugar in new varieties of red pepper

(Unit: %)

Samples	Fructose	Glucose	Fructose+Glucose
1	9.85±0.26	9.71±0.27	19.55±0.51
2	3.00±0.02	1.33±0.12	4.33±0.11
3	6.27±0.12	3.80±0.21	10.07±0.25
4	4.05±0.13	1.99±0.01	6.04±0.14
5	9.39±0.06	7.69±0.08	17.07±0.01
6	5.90±0.11	3.78±0.20	9.67±0.23
7	7.78±0.02	7.31±0.32	15.09±0.35
8	7.45±0.12	5.79±0.34	13.23±0.29
9	3.85±0.11	2.19±0.02	6.04±0.10
10	5.00±0.01	2.46±0.23	7.46±0.23
11	9.96±0.05	7.63±0.33	17.59±0.37
12	6.25±0.20	3.52±0.10	9.77±0.29
13	6.19±0.02	3.72±0.11	9.91±0.10
14	6.22±0.39	4.10±0.29	10.33±0.68
15	9.51±0.10	7.92±0.11	17.43±0.21
16	9.53±0.11	9.33±0.13	18.86±0.14
17	6.00±0.20	3.47±0.12	9.48±0.23
18	6.85±0.11	5.85±0.28	12.71±0.38
19	8.47±0.12	6.93±0.11	15.40±0.02
20	8.43±0.11	7.17±0.01	15.60±0.10
21	6.37±0.02	4.05±0.10	10.41±0.08
22	4.65±0.12	2.39±0.20	7.05±0.11
23	4.40±0.02	2.74±0.12	7.14±0.13
24	7.72±0.16	6.32±0.11	14.04±0.18

All results are expressed as mean±SD for three replicates

3. 생리활성 성분 분석

3.1 Ascorbic acid 함량

HPLC로 분석한 신품종 고추의 ascorbic acid 함량은 Table 7에 나타내었다. 분석 결과 ascorbic acid 함량은 8.08 mg/g dry basis에서 11.53 mg/g dry basis까지 품종별로 다양한 수치를 나타내었다. 평균 값은 9.36 mg/g dry basis이었으며 분석시료 중 ‘품종 4, 11, 12, 23’의 ascorbic acid 함량은 10 mg/g dry basis이상으로 다른 품종에 비해 높게 측정되었다.

Jung 등(2011)은 고추의 ascorbic acid 함량은 2.79 mg/g dry basis에서 16.96 mg/g dry basis까지 분포하는 것으로 보고하였다. 또한 Park(2011)의 연구에서는 1.64–8.14 mg/g dry basis으로 매우 넓은 분포 범위를 보였다. 또한, ascorbic acid은 고추에 건조, 저장과정 중 많이 파괴되어, 15일 일광건조 된 고추는 약 76%의 손실이 있었고 60℃에서 49시간, 90℃에서 8시간 건조시킨 것은 89%로 높은 감소를 보여 빛에 의해서 상당히 손실이 있음을 보였다는 연구결과가 있었다 (Park 1975), Kang(2013)은 저온열풍으로 건조된 고추의 ascorbic acid 함량은 일광건조 한 것보다 높았다는 결과를 제시하였으며, 이것은 일광건조는 건조온도가 낮으나 건조기간이 긴 기간으로 빛과 열의 노출된 시간이 상대적으로 길었기 때문이라고 보고되었다. 본 연구의 실험 결과는 선행연구와 차이가 있는 것으로 나타났는데, 이는 품종 간의 변이 및 재배 조건, 저장 조건뿐만 아니라, 특히 건조 조건의 차이에서 비롯된 것으로 생각된다.

Ascorbic acid 함량이 많은 것으로 알려진 유자의 경우 4.28–5.83 mg/g이었으며(Yoo 2004), 감귤껍질은 4.60, 오렌지껍질은 2.27 mg/g의 ascorbic acid 함량을 나타내는 것으로 보고되어(Lee 등 2012), 고

추의 ascorbic acid 함량이 이런 식품소재보다 높은 것을 확인할 수 있었다.

Table 7. The contents of ascorbic acid in new varieties of red pepper

(Unit: mg/g dry basis)

Samples	Ascorbic acid	Samples	Ascorbic acid
1	9.94 ± 0.28	14	8.93 ± 0.16
2	9.76 ± 0.11	15	8.94 ± 0.05
3	9.54 ± 0.01	16	8.14 ± 0.03
4	11.53 ± 0.10	17	8.64 ± 0.05
5	9.26 ± 0.10	18	9.21 ± 0.06
6	9.16 ± 0.37	19	8.41 ± 0.11
7	9.53 ± 0.28	20	9.33 ± 0.04
8	9.67 ± 27	21	8.76 ± 0.02
9	8.58 ± 0.10	22	9.92 ± 0.22
10	9.35 ± 0.07	23	10.94 ± 0.02
11	10.00 ± 0.04	24	8.08 ± 0.09
12	10.03 ± 0.08	Min–Max	8.08–11.53
13	8.93 ± 0.21	Mean \pm SD	9.36 ± 0.81

All results are expressed as mean \pm SD for three replicates

3.2 총 polyphenol 함량 및 총 flavonoid 함량

Polyphenol과 flavonoid는 자연계에 널리 분포하여 곡물, 야채, 과일 등 일상 식품에 상당량 들어있다. Polyphenol과 flavonoid가 자유 라디칼 소거제, 양이온의 킬레이터로 작용하여 항암, 항균, 동맥경화 예방 등의 생리활성 외에도 상당한 항산화 효과를 발휘하는 것으로 보고되고 있다(Chu 2000, Han 2009).

고추의 총 polyphenol 함량은 gallic acid를 표준물질로 사용하여 mg GAE/g dry basis로 나타내었다. 측정된 결과는 Table 8에 명시한 바와 같이 7.93–14.26 mg GAE/g 수준이었으며, 평균값은 11.04 mg GAE/g으로 나타났다. Jung 등(2011)의 연구에서는 한국산 고추 메탄올 추출물의 총 polyphenol 함량은 2.60–10.20 mg GAE/g, 평균값은 5.10 mg GAE/g으로 보고하였으며, Yoon 등(2010)의 연구에서 재배 방식에 따른 고추 메탄올 추출물은 5.52–8.78 mg GAE/g의 polyphenol을 함유하는 것으로 나타났다. Jeon(2009)은 *capsicum annum*에 대한 연구에서 polyphenol 함량이 0.80–2.63 mg GAE/g dry basis의 범위로 다양하게 분포함을 보였다. 여러 선행연구에서는 한국산 고추 품종의 polyphenol 함량이 대부분 10 mg GAE/g 이하인 것으로 보고하였으며, 이에 따라 본 실험에 사용한 신품종 고추가 더 많은 polyphenol을 함유하고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 고추의 수분함량이 83% 내외로 함유하는 것을 고려할 때 본 실험에 사용한 고추는 대부분 1 mg GAE/g fresh weight 이상으로 측정되었다. Bahorun 등(2004)이 각종 채소에 대해 polyphenol 함량을 측정된 결과, 양파는 1.01, 브로콜리는 0.82, 토마토는 0.35, 당근은 0.13, 양배추는 0.13 mg/g fresh weight이었다. Kim 등(2009)은 시중에서 유통되고 있는 과일 및 채소류 29 종에 대한 polyphenol 함량을 측정한 결과, 생강은 0.70, 체리는 0.95, 자두는 1.06 mg GAE/g fresh weight의 총 polyphenol 함량을 가진 것으로 보고하였다. 또한 Palacios 등

(2011)은 양송이 버섯, 느타리 버섯, 그물 버섯 등 8가지 버섯에 대한 연구에서 총 polphenol 함량이 가장 높은 버섯이 그물 버섯이라 하였고, 그 함량이 5.50 mg GAE/g dry basis라 보고하였다. 따라서 이러한 작물들에 비하여 이번 실험에 사용한 고추가 더 많은 polyphenol을 함유하는 것을 알 수 있었다.

총 flavonoid 함량은 quercetin 을 표준물질로 사용하여 mg QE /g dry basis로 나타내었다. 그 결과 Table 9에 보이는 바와 같이, 4.24-10.07 mg QE/g dry basis의 범위의 값으로 품종 간 함량 차이가 크게 나타났다. Lee(2010)의 새싹 채소 메탄올 추출물의 총 flavonoid 연구에서 양배추는 4.45 mg/g dry basis, 브로콜리는 3.34 mg/g dry basis, 무는 3.73 mg/g dry basis, 정향은 2.80 mg/g dry basis의 총 flavonoid를 함유하는 것으로 보고되었으며, 이들 식물에 비해 고추의 flavonoid 함량이 더 많은 것으로 나타났다.

이와 같이 고추 메탄올 추출물은 다른 식물에 비해서 높은 polyphenol 함량과 flavonoid 함량을 가지고 있는 것으로 나타나 다양한 높은 생리활성 효과를 가질 것으로 기대되었다.

Table 8. The contents of total polyphenol in new varieties red pepper

(Unit: mg gallic acid/g dry basis)

Samples	Total polyphenol	Samples	Total polyphenol
1	12.17 ± 0.82	14	10.54 ± 0.27
2	12.47 ± 0.31	15	9.01 ± 0.53
3	10.63 ± 0.59	16	9.14 ± 0.49
4	12.63 ± 0.73	17	10.25 ± 0.67
5	12.43 ± 0.41	18	7.93 ± 0.23
6	10.34 ± 0.02	19	9.27 ± 0.09
7	12.61 ± 0.43	20	11.94 ± 0.41
8	13.77 ± 0.44	21	12.21 ± 0.16
9	14.26 ± 0.08	22	10.70 ± 0.22
10	9.82 ± 0.22	23	10.44 ± 0.57
11	11.88 ± 0.35	24	8.05 ± 0.24
12	11.24 ± 0.37	Min–Max	7.93–14.26
13	11.32 ± 0.45	Mean \pm SD	11.04 ± 1.67

All results are expressed as mean \pm SD for three replicates

Table 9. The contents of total flavonoid in new varieties red pepper

(Unit: mg quercetin /g dry basis)

Samples	Total flavonoid	Samples	Total flavonoid
1	6.12 ± 0.15	14	4.99 ± 0.06
2	7.96 ± 0.36	15	4.24 ± 0.14
3	5.44 ± 0.31	16	5.31 ± 0.32
4	8.26 ± 0.33	17	6.36 ± 0.27
5	5.49 ± 0.37	18	5.02 ± 0.08
6	7.39 ± 0.17	19	7.00 ± 0.02
7	8.13 ± 0.85	20	8.83 ± 0.06
8	8.80 ± 0.18	21	9.57 ± 0.32
9	7.59 ± 0.52	22	10.07 ± 0.32
10	4.81 ± 0.33	23	7.86 ± 0.18
11	5.32 ± 0.07	24	6.66 ± 0.04
12	6.43 ± 0.19	Min–Max	4.24–10.07
13	5.40 ± 0.31	Mean \pm SD	6.79 ± 1.64

All results are expressed as mean \pm SD for three replicates

3.3 Capsaicinoids 함량

한국산 고추의 매운맛을 나타내는 주요 성분은 지용성 물질인 capsaicin과 dihydrocapsaicin에 기인한다고 보고되어 있으며, 매운맛 정도에 따라 식품 소재로의 활용도가 다양하다. 본 연구에서는 고추의 매운맛 성분을 알아보기 위해 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 함량을 측정하였다.

24 품종의 capsaicin 함량은 Table 10에 나타난 바와 같이, 0.42–125.22 mg/100g dry basis의 분포를 보였고, dihydrocapsaicin 함량은 검출되지 않은 품종도 있었으며, 최대 112.66 mg/100g dry basis의 함량을 가진 것으로 측정되어 두 물질 모두 상당히 넓은 분포 범위를 보였다. 두 성분 함량의 합을 총 capsaicinoid로 나타내어 비교해 본 결과, ‘품종 8’은 237.87 mg/100g dry basis 로써, 가장 매운 것으로 나타난 반면에 ‘품종 14’의 capsaicinoids 함량은 0.42 mg/100g dry basis로 24 품종 중 가장 낮은 함량을 나타내었다. Capsaicin과 dihydrocapsaicin의 비율은 ‘품종 24’를 제외한 모든 품종에서 0.97–1.66로 나타나, Kim(2002)의 연구에서 보고된 0.89–1.68, Ku(2001)의 연구에서 보고된 0.97–2.12과 유사한 결과를 보였으나 한국의 대표적인 매운 고추 품종인 청양고추에 관한 연구에서 측정된 capsaicin과 dihydrocapsaicin의 비율 1.9–3.5보다는 낮게 측정되었다(Hwang 등 2011).

Table 10. The contents of capsaicinoids in new varieties of red pepper

(Unit: mg/100g dry basis)

Samples	CAP ¹⁾	DHC ²⁾	Total	CAP/DHC
1	25.30±0.78	21.61±0.81	46.91±1.30	1.17
2	78.87±2.29	52.70±1.99	131.56±4.28	1.50
3	12.24±0.25	12.23±0.88	24.46±1.04	1.00
4	83.44±3.40	66.51±1.59	149.94±4.99	1.25
5	2.70±0.15	2.79±0.01	5.49±0.14	0.97
6	14.72±0.38	11.41±0.40	26.13±0.77	1.29
7	20.89±0.21	17.45±0.08	38.34±0.11	1.20
8	125.22±3.01	112.66±1.58	237.87±4.60	1.11
9	62.15±2.49	40.82±2.93	101.35±3.63	1.52
10	5.69±0.30	5.50±0.23	11.19±0.53	1.04
11	5.80±0.37	4.58±0.04	10.38±0.35	1.27

12	21.36 ± 0.65	14.27 ± 0.12	35.62 ± 0.64	1.50
13	12.81 ± 0.85	11.14 ± 0.91	24.44 ± 1.30	1.15
14	0.42 ± 0.02	ND	0.42 ± 0.02	–
15	4.27 ± 0.34	4.22 ± 0.37	8.49 ± 0.69	1.01
16	4.95 ± 0.41	3.93 ± 0.39	9.05 ± 0.04	1.26
17	59.96 ± 1.92	45.02 ± 0.21	104.97 ± 1.70	1.33
18	3.19 ± 0.18	3.21 ± 0.14	6.39 ± 0.07	0.99
19	21.10 ± 2.31	16.69 ± 3.14	39.24 ± 4.96	1.26
20	63.46 ± 1.28	43.63 ± 1.47	107.09 ± 2.72	1.45
21	112.98 ± 4.99	68.11 ± 0.16	181.08 ± 5.16	1.66
22	70.33 ± 1.34	49.62 ± 0.98	119.95 ± 2.32	1.42
23	39.36 ± 0.83	35.96 ± 1.70	75.31 ± 2.54	1.09
24	1.08 ± 0.14	2.23 ± 0.06	3.31 ± 0.08	0.48
Min–Max	0.42–125.22	0–112.66	0.42–237.87	0.97–1.66

All results are expressed as mean \pm SD for three replicates

¹⁾CAP : Capsaicin ²⁾DHC : Dihydrocapsaicin

4. 매운맛 강도 분석

4.1. 한국산업규격

매운 맛에 대한 선호도는 국민의 식생활 문화 차이에 따라 크게 달라 일정한 기준을 설정하기에 어려움이 있다. 한국산업규격 KS H 2157에는 capsaicin 함량 42.3 mg/100g을 기준으로 그 이상은 매운 맛, 그 이하는 순한 맛으로 구분하고 있다(54). 또한 유럽의 주요 고추 생산국 헝가리는 순한 맛은 capsaicin 10 mg% 이하, 약간 매운 맛은 20 mg% 이하, 그 이상은 매운 맛으로 분류하고 있다. 한국산업규격을 기준으로 분류하면 본 연구에서 분석한 신품종 24 품종 중 ‘품종 2, 4, 8, 9, 17, 20, 21, 22’ 등 총 8개 품종은 매운 맛으로 분류할 수 있으며, 나머지 16품종은 순한 맛으로 분류되었다.

4.2. Scoville Heat Unit(SHU)

Scoville Heat Unit은 고추류의 자극이나 매운 정도를 측정하는 단위로 순수한 1 mg/kg의 capsaicin의 SHU는 16,000,000이다. 본 연구에 계산한 SHU는 Table 11과 같이 67-38297의 범위로 매우 넓은 범위의 값을 얻었다. Jeon(2009)은 주로 음식에 사용한 매운 홍고추, 오이 고추, 칠리고추 등을 포함한 고추류에 대한 향미성분 특성 비교연구에서 SHU 각 수치 별 매운 정도에 대해서, 0-5,000은 순한 맛, 5,000-20,000은 약간 매운맛, 20,000-70,000은 매운맛 그리고 70,000이상은 아주 매운맛으로 분류하였다. 이에 따라 본 연구의 ‘품종 2, 4, 8, 21’은 매운맛으로 분류될 수 있었으며, 나머지 ‘품종 1, 7, 9’ 등 9개 품종은 약간 매운맛, ‘품종 3, 5, 10’ 등 11개 품종은 순한 맛으로 분류되었다.

Table 11. The Scoville Heat Unit (SHU) of new varieties of red pepper

Samples	SHU	Sample	SHU
1	7552	14	67
2	21182	15	1367
3	3939	16	1457
4	24140	17	16900
5	884	18	1030
6	4208	19	6317
7	6172	20	17241
8	38297	21	29154
9	16316	22	19312
10	1801	23	12124
11	1691	24	532
12	5735	Min–Max 67–38297	
13	3935		

All results are expressed as mean for three replicates

5. 항산화 활성

5.1. DPPH, ABTS 자유기 소거 활성

활성산소는 세포를 공격하여 세포기능을 손상시킴으로써 산화적 스트레스를 유발하여 암, 염증, 노화 등의 질병을 초래하는 것으로 알려져 있다. 이에 대해 항산화 물질은 활성산소에 수소 또는 전자를 공여하기에 산화를 억제시키는 것으로 보고되어 있다(Han 2009). 특히 고추에 이러한 항산화 물질이 많이 함유된 것을 확인하였으며, 실제 항산화능을 측정하고자 하였다.

고추 메탄올 추출물의 항산화 활성을 알아보기 위해 DPPH와 ABTS 자유기 소거 활성을 측정하였다. 측정한 결과는 Fig. 1, 2과 같으며, 소거 활성능을 vitamin C에 대비하여 vitamin C equivalent antioxidant activity capacity(VCEAC)로 계산한 결과는 Table 12와 같다.

DPPH assay는 비교적 안정한 자주색 라디칼을 갖고 있으며, 517nm 부근에서 최대 흡광도를 나타내다가 항산화물질의 전자 공여로 인해 한번 환원되면, 자주색이 탈색되어 다시 산화되기 어렵기 때문에 이를 이용하여 항산화물질에 의한 자유 라디칼의 소거 능력을 측정하는 방법이다. ABTS assay는 DPPH와 같은 라디칼 소거법에 의한 항산화능력 측정법이다. DPPH assay는 생성된 라디칼이 매우 안정적으로 유지되며 반복성이 좋으며, ABTS는 소모 시간이 적고 aqueous phase와 organic phase에 모두 적용이 가능하며, pH의 변화에 따라 민감하지 않는 장점이 있다.

DPPH 자유 라디칼 소거활성은 1-5 mg/mL의 농도범위에서 측정하였으며, 품종 간에 항산화능의 차이가 존재하였으나, 모든 품종이 농도가 증가할수록 항산화 활성이 높아지는 것으로 나타났다. 측정 결과 ‘품종

15, 16, 17, 18' 은 항산화활성이 낮았고, '품종 2, 4, 8, 9, 12, 21, 22, 23' 은 다른 품종에 비해 항산화 활성이 높았다.

ABTS 자유 라디칼 소거활성은 1-3 mg/mL의 농도범위에서 측정하였으며, DPPH assay와 같이 농도가 증가할수록 항산화 활성이 높아지는 것으로 나타났다. 항산화능은 품종에 따라 차이를 보였으며, 이는 DPPH와 유사한 경향을 나타내었다.

고추 추출물은 DPPH 라디칼 소거 활성보다 ABTS 자유 라디칼을 소거하는 능력이 더 높은 것으로 나타났다. VCEAC로 계산한 결과를 살펴보면, ABTS 측정법이 더 높은 항산화 활성을 보였다. 이와 같이 같은 시료임에도 측정방법에 있어서 차이가 생긴 이유는 항산화 활성을 측정하는 방법들 간에 라디칼을 소거하는 메커니즘이 다르기 때문으로 생각할 수 있다.

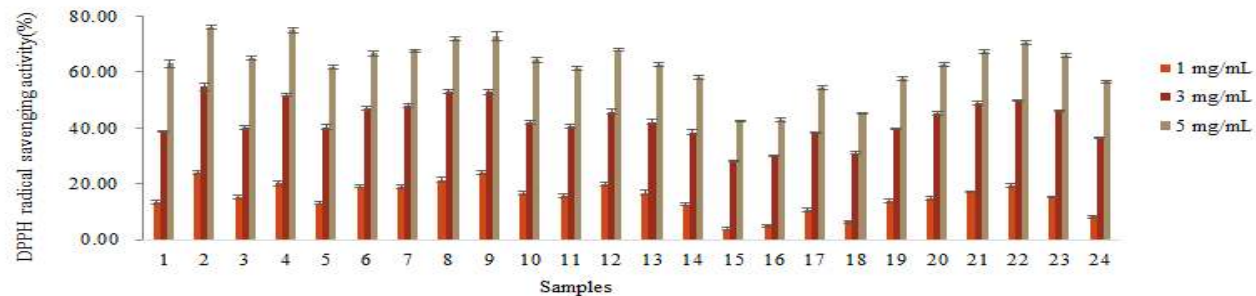


Fig 1. DPPH radical scavenging activities of new varieties of red pepper methanol extracts;
All results are expressed as mean \pm SD for three replicates

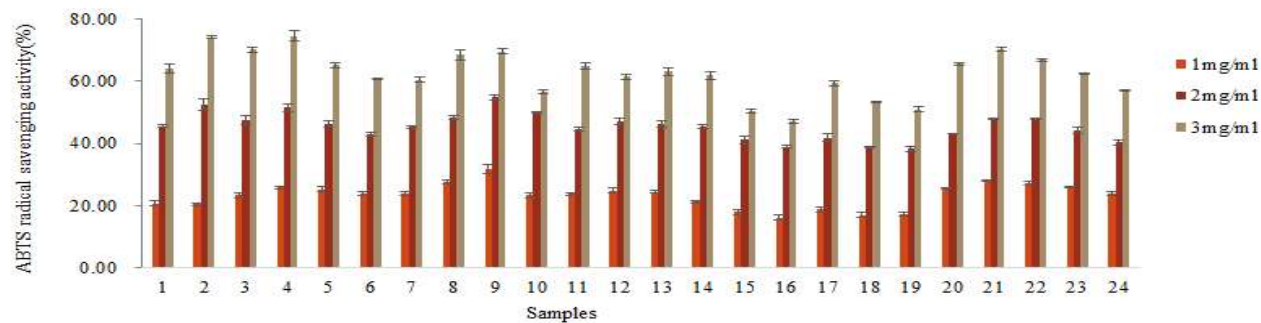


Fig 2. ABTS radical scavenging activities of new varieties of red pepper methanol extracts;
All results are expressed as mean \pm SD for three replicates

Table 12. EC50 values and Vitamin C equivalent antioxidant capacity of new varieties of red pepper

Samples	EC 50 value ¹⁾ (mg/mL)		VECAC ²⁾ (mg VCEAC/g dry basis)	
	DPPH	ABTS	DPPH	ABTS
1	3.93	2.30	4.68±0.00	21.91±0.50
2	3.01	2.02	4.91±0.13	25.86±0.14
3	3.79	2.13	4.15±0.22	24.47±0.28
4	3.14	1.98	4.59±0.02	26.02±0.60
5	3.95	2.23	5.11±0.13	22.79±0.30
6	3.52	2.40	4.14±0.06	17.08±0.48
7	3.46	2.37	4.97±0.09	20.33±0.31
8	3.19	2.12	5.59±0.09	23.24±0.52
9	3.14	1.97	4.62±0.07	19.68±0.18
10	3.76	2.39	4.10±0.08	16.19±0.22
11	3.95	2.27	4.91±0.10	22.53±0.71
12	3.50	2.31	4.79±0.09	18.83±0.26
13	3.83	2.28	5.11±0.11	22.70±0.73
14	4.19	2.35	4.41±0.09	20.61±0.38
15	5.75	2.80	3.52±0.04	18.00±0.24
16	5.59	2.99	3.74±0.03	16.77±0.24
17	4.41	2.49	4.09±0.02	18.46±0.24
18	5.24	2.28	3.31±0.03	16.27±0.07
19	4.16	2.35	4.35±0.02	16.37±0.28
20	3.77	2.27	5.30±0.07	22.74±0.14
21	3.48	2.08	5.26±0.08	22.42±0.19
22	3.32	2.15	4.89±0.03	19.43±0.13
23	3.61	2.32	4.66±0.02	18.61±0.04
24	4.36	2.55	3.68±0.02	16.81±0.05
Min–Max	3.01–5,75	1.97–2.99	3.31–5.69	16.91–26.02
Mean±SD	3.90±0.72	2.31±0.23	4.54±0.60	20.34±3.08

All results are expressed as mean for three replicates

¹⁾EC 50 value : Effective concentration(methanol extract) to decrease concentration of DPPH or ABTS radical by 50%

²⁾VCEAC : vitamin C equivalent antioxidant capacity

5.2. 고추의 생리활성 성분과 항산화 활성과의 관계

고추의 생리활성성분(polyphenol, flavonoid, capsaicinoids, ascorbic acid)과 항산화 활성과의 상관관계를 알아보기 위해 Pearson's correlation analysis를 실시하였으며, 그 결과를 Table 13에 나타내었다.

Polyphenol, flavonoid, capsaicinoid, ascorbic acid 함량은 DPPH, ABTS 자유 라디칼 소거 활성과 양의 상관관계를 나타내었다($p < 0.01$). 특히 총 polyphenol 함량은 항산화활성과 가장 높은 양의 상관성을 나타냈으며, DPPH, ABTS 자유 라디칼 소거능에 대해 각각 $r = 0.804$, $r = 0.701$ 의 상관관계를 보였다($p < 0.01$). 이를 통해 고추의 항산화 활성이 ascorbic acid보다 polyphenol에 의해 더 영향을 받는 것을 알 수 있었으며, 이는 Jung 등(2011)의 육성계통에 따른 고추의 생리활성 연구결과와 일치하였다. 또한 대부분의 약용 식물이 모두 polyphenol 함량과 항산화 활성 간에 양의 상관관계를 나타내어, 식물체 내의 polyphenol 함량이 그들이 나타내는 항산화능과 밀접한 관련이 있다는 Kim 등 (2004)의 연구 결과 또한 본 연구의 결과와 유사하였다.

Table 13. Correlation coefficient between the contents of bioactive components and antioxidant effects by DPPH, ABTS assay

	Ascorbic acid	Total polyphenol	Total flavonoid	Total capsaicinoid	DPPH ¹⁾	ABTS ¹⁾
Ascorbic acid	1					
Total polyphenol	0.367**	1				
Total flavonoid	0.277*	0.466**	1			
Total capsaicinoids	0.285*	0.567**	0.806**	1		
DPPH ¹⁾	0.351**	0.804**	0.590**	0.589**	1	
ABTS ¹⁾	0.486**	0.701**	0.305*	0.495**	0.645**	1

¹⁾Data are expressed as mg Vitamin C equivalent antioxidant capacity /g dry basis

* significantly different from the value at p<0.05, **significantly different from the value at p<0.01

6. 통계분석

6.1. 주성분분석

주성분분석은 요인분석의 기초가 되는 통계방법으로써, 원 변수들의 몇 개 일차결합을 통해 간단한 구조를 갖도록 자료를 축약하여 매우 복잡한 자료를 간단한 형태로 만들어 다변량 자료의 분석 및 이해에 도움을 줄 수 있는 통계방법이다(최 등 2001).

24품종 고추의 품질 특성을 알아보기 위해 주성분분석을 실시한 결과는 Fig. 3에서 보이는 바와 같이 제1주성분은 44.6%, 제2주성분은 21.7%, 제3주성분 11.6%으로, 제3주성분까지 전체 변이의 77.9%를 설명하였다. 분석에 사용된 고추의 9개 특성 가운데, 총 polyphenol 함량, 총 flavonoid 함량, 총 capsaicinoid 함량, ascorbic acid 함량과 항산화 특성들이 제1주성분으로 양의 방향에 크게 기여하였다. 제2주성분에는 ASTA 값과 carotenoid 함량이 양의 방향으로 크게 기여하는 것으로 나타났으며, 유리당 함량은 제3주성분으로 양의 방향에 크게 기여하였다. 이들은 서로 가까이 분포하여 두 성분 간의 상관관계가 높은 것으로 여겨진다.

제1주성분과 제2주성분을 기준으로 작성한 주성분분석의 특성 분포도 Fig. 4(a)에서 고추의 항산화 활성이 polyphenol에 의해 크게 영향을 받는 것을 알 수 있었다. Fig. 4(b)에는 제1주성분과 제2주성분을 기준으로 고추 품종 24 품종의 분포를 나타내었다. 이 중 1사분면에 위치한 2, 7, 9, 20, 22 5개 품종은 생리활성성분 및 항산화 활성, 색상에 있어서 우월한 품종으로 생각할 수 있다. 4사분면에 위치한 4, 8, 21 등의 품종들은 생리활성성분 및 항산화 활성은 우월하나 색상이 좋지 않으며, 반면에 2사분면에 위치한 6, 19, 24 등의 품종들은 생리활성성분 및 항산화 활성은 좋지 않으나 색상은 좋은 것으로 나타났다. 3사분면에 위치

한 11, 15, 17 등 품종은 측정한 모든 특성에서 낮은 값을 나타내어 다른 품종에 비해 품질이 좋지 못한 것으로 나타났다.

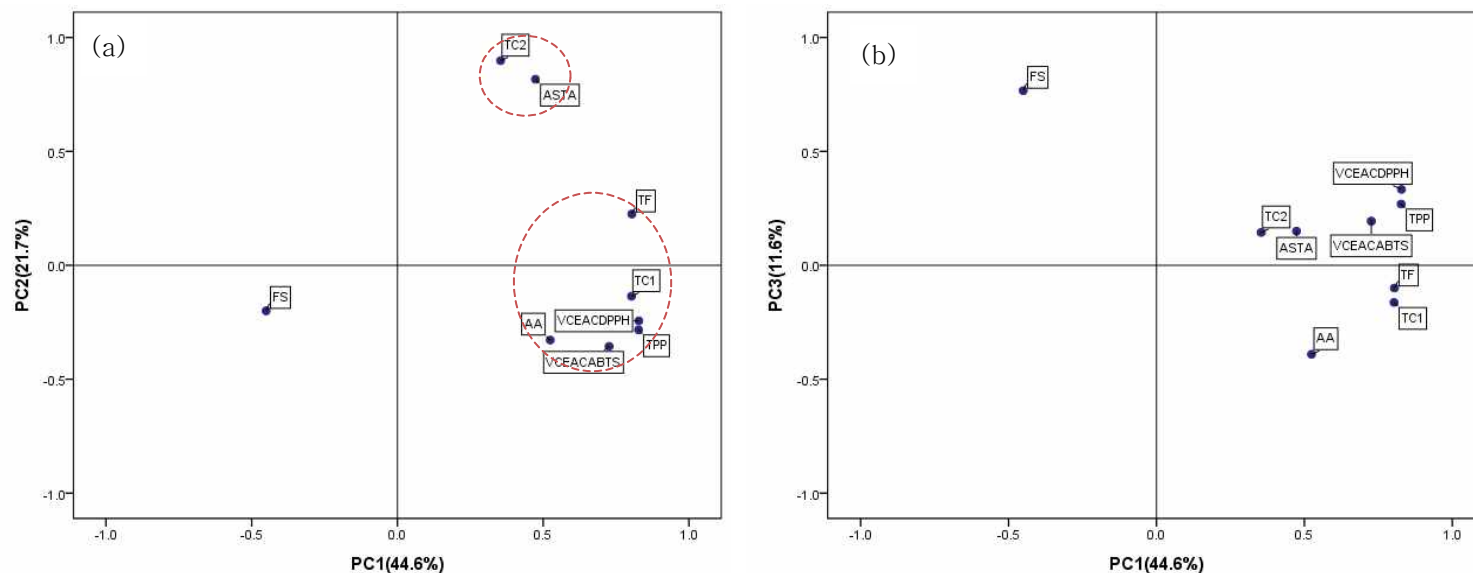


Fig. 3. Principal component analysis (PCA) plots. (a) loading plots for different variables on PC1 and PC2 (b) PC1 and PC3

TPP: total polyphenol contents; TF: total flavonoid contents; TC1: total capsaicinoid contents; VCEACDPPH: vitamin C equivalent antioxidant capacity of DPPH assay; VCEACABTS: vitamin C equivalent antioxidant capacity of ABTS assay; TC2: total carotenoid contents; ASTA: ASTA color values; FS: free sugar contents; AA: ascorbic acid contents

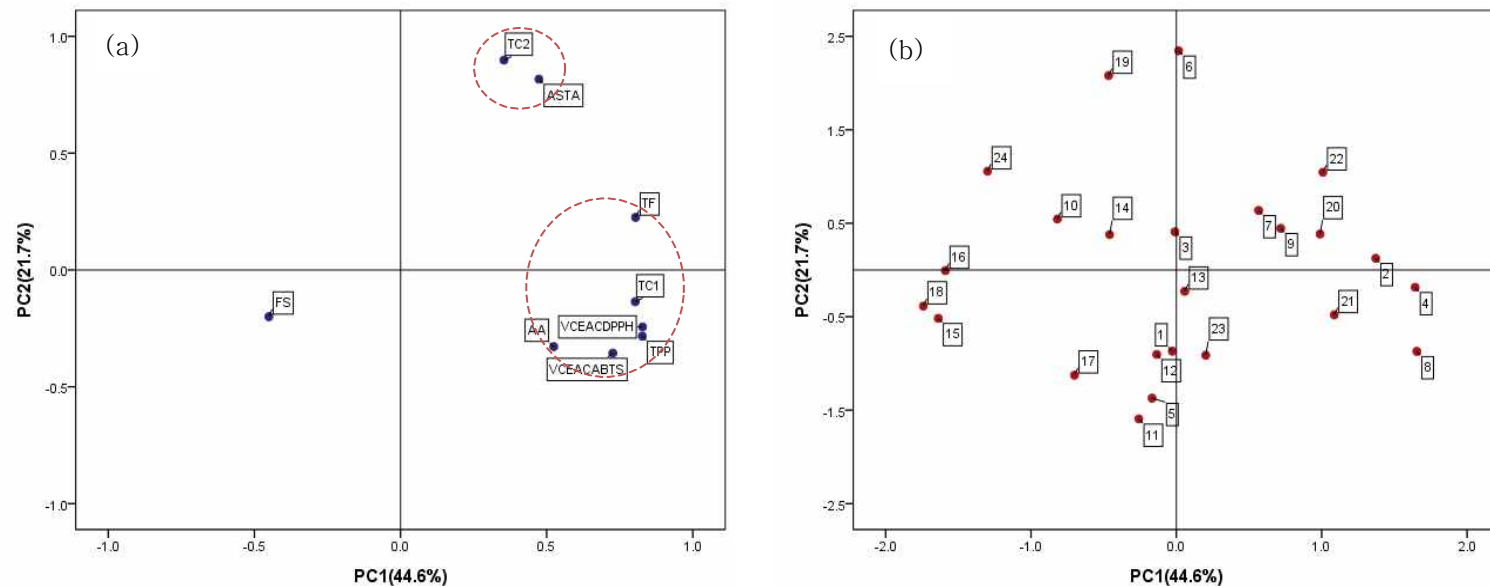


Fig. 4. Principal component analysis (PCA) plots. (a) loading plots for different variables on PC1 and PC2 (b) PCA scores plot for new varieties red pepper

TPP: total polyphenol contents; TF: total flavonoid contents; TC1: total capsaicinoid contents; VCEACDPPH: vitamin C equivalent antioxidant capacity of DPPH assay; VCEACABTS: vitamin C equivalent antioxidant capacity of ABTS assay; TC2: total carotenoid contents; ASTA: ASTA color values; FS: free sugar contents; AA: ascorbic acid contents

6.2 군집분석

군집분석은 주어진 관찰치 중에서 유사한 것들은 몇몇 집단으로 그룹화하여 집단의 성격을 파악함으로써 데이터 전체의 구조에 대한 이해를 돕고자 하는 방법이다.

본 연구에서는 계층적 군집분석을 수행하여 24개 신품종 고추 색상, 생리활성성분 및 항산화 특성에 의해 분류하였다. Ward의 방법을 이용하여 군집을 구성하였으며 관측벡터간 거리는 유클리드 거리로 사용하였다. Ward의 방법은 오차제곱합(error-sum-of-squares)을 최소화 시키는 방법으로 데이터가 가지고 있는 정보의 손실을 최소화할 수 있는 방법이다.

군집분석 한 결과는 Fig. 5와 같이 24개 신품종 고추는 4개의 군으로 분류되었다. 제1군은 ‘품종 5, 11, 1, 13, 14, 3, 12, 23, 17’ 총 9개 품종이 속하였으며 Fig 4(b)에 주성분분석 품종 분포도에 이 9개 품종은 생리활성성분 및 항산화 특성에 뚜렷한 특성을 보이지 않은 품종들이었다. 제2군은 ‘품종 6과 19’ 2개 품종을 포함하였으며 색상 특성이 매우 우수한 품종이었다. 제3군에는 ‘품종 15, 16, 18, 10, 24’ 5개의 품종이 속하였는데 다른 군에 비해 생리활성 성분 및 항산화 특성을 좋지 않은 품종들이었다. 또한 제4군의 속한 ‘품종 2, 4, 8, 21, 7, 20, 22, 9’ 들은 생리활성 성분 및 항산화 특성이 다른 군보다 우수한 품종들이었다.

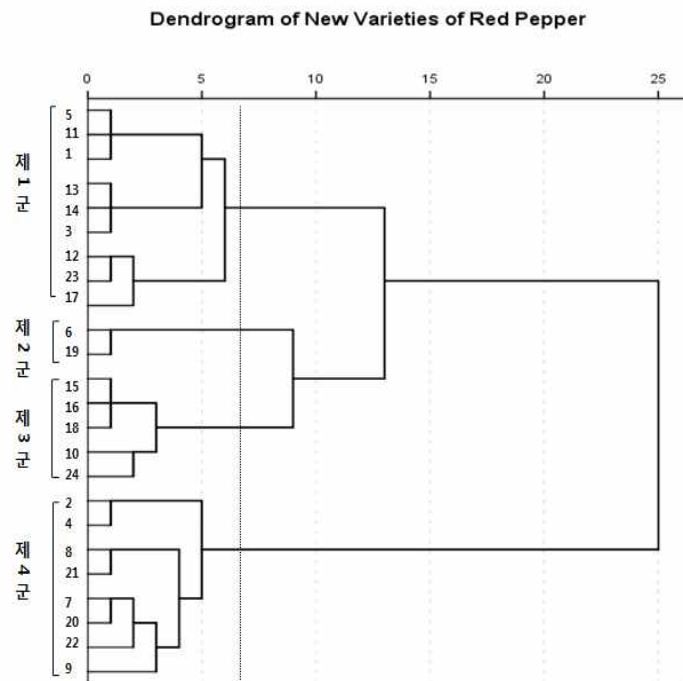


Fig. 5. Dendrogram of hierarchical cluster analysis of new varieties of red pepper

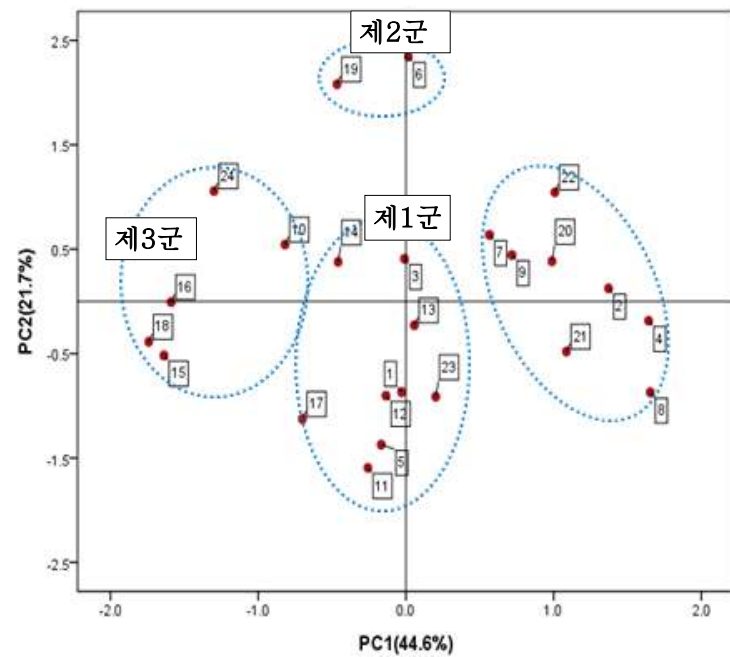


Fig.4(b). Principal component analysis loading plots for new varieties red pepper

IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 한국산 서로 다른 계통의 고추를 교배하여 육성된 신품종 고추 24종류를 이용해 색도, ASTA color value를 측정하여 고추의 외적인 붉은색 품질을 분석하고, carotenoid의 함량을 측정하여 고추의 색상 특성을 연구하고자 하였으며, 또한 생리활성성분인 ascorbic acid, polyphenol, flavonoid 함량, capsaicinoids의 함량을 측정하였으며, 항산화 활성을 연구함으로써 신품종 고추의 특성을 분석하고, 신품종 고추 품질의 우수성을 탐색하고자 하였다.

1. 신품종 고추의 색도를 측정한 결과, 명도 L값은 33.42–38.72, 적색도 a값은 31.63–36.02, 황색도 b값은 16.93–20.02, $a \times L$ 값은 1106–1357의 범위로 측정되었으며, 품종 간 차이가 크지 않았고 선행연구와 유사한 결과를 나타내었다. ASTA color value는 116.69–249.83의 범위, 평균 173.64으로 나타나 선행연구에 비해 높게 측정되었다. 또한 carotenoid 함량이 3.19–6.11 mg/g dry basis의 분포를 보였으며, 평균값이 4.52 mg/g dry basis로 측정되어, 선행연구에서 발표한 함량에 비해 높았다. 따라서 색도와 ASTA color value, carotenoid 함량 등 색상 특성이 기존 한국 품종보다 신품종 고추에서 개선된 것으로 평가되었다.

2. 신품종 고추의 fructose 함량은 건조중량의 3.00–9.95%, 평균값 6.62%, glucose 함량은 1.32–9.71%, 평균값 4.89%로 측정되었으며, fructose의 함량이 더 높은 것으로 확인되었다. 유리당 함량은 glucose과 fructose 함량을 합쳐 계산하였으며, ‘품종 1’이 19.55%로 가장 높게 측정되었으며, ‘품종 2’가 4.44%로 가장 적은 유리당을 함유하는 것으로 나타났으며, 품종 간 차이가 크게 나타났다.

3. 고추의 ascorbic acid 함량은 8.08–11.53 mg/g dry basis로, 품종별로 다양한 수치를 나타내었다. 총 polyphenol 함량은 7.93–14.26 mg GAE/g 수준이었으며, 평균값은 11.04 mg GAE/g로 나타났으며 한국 고추의 평균값보다 높았다. 총 flavonoid 함량은 4.24–10.07 mg QE/g dry basis의 범위의 값으로 품종 간 함량 차이가 크게 나타났다. 고추는 높은 polyphenol 함량과 flavonoid 함량을 가지고 있는 것으로 나타났으며, 이로 인한 다양한 생리활성 효과를 가질 것으로 기대되었다. 또한 총 capsaicinoid 함량은 0.42–237.87 mg/100 g dry basis로 상당히 넓은 분포 범위의 수치를 보였다.

4. 한국산업규격을 기준으로 ‘품종 2, 4, 8, 9, 17, 20, 21, 22’는 매운 맛으로 분류되었고, 나머지 16품종은 순한 맛으로 분류되었다. SHU에 따라 ‘품종 2, 4, 8, 21’은 매운맛으로 분류될 수 있었으며, 나머지 9개 품종은 약간 매운맛, 11개 품종은 순한 맛으로 분류되었다.

5. 고추 80% 메탄올 추출물의 항산화 활성 측정 결과, DPPH와 ABTS 자유기 소거활성은 모두 고추 추출물의 농도가 증가할수록 항산화 활성이 증가하는 것으로 나타났으며, ‘품종 2, 4, 8, 9, 20, 21, 22, 23’은 다른 품종에 비해 항산화 활성이 높았다.

6. 생리활성 성분 함량과 항산화활성 간의 상관관계를 알아본 결과, 총 polyphenol 함량은 항산화활성과 가장 높은 양의 상관성을 나타냈으며, DPPH, ABTS 자유라디칼 소거 활성능과 각각 $r=0.804$, $r=0.701$ 의 상관관계를 보였다($p<0.01$). 이를 통해 고추의 항산화 활성이 ascorbic acid보다 polyphenol에 의해 더 영향을 받는 것을 알 수 있었다.

7. 주성분 분석을 통해 신품종 고추 품종별 특성을 파악하였다. 주성분 분석의 특성 분포도에도 고추의 항산화 활성에 가장 영향을 주는 성분이

총 polyphenol 함량임을 알 수 있었다. 고추의 품종 분포도에서 1사분면에 위치한 2, 4, 7, 20 등의 품종들은 생리활성성분 및 항산화 활성, 색상에 있어서 우월한 품종으로 생각할 수 있다. 4사분면에 위치한 1, 5, 11 등의 품종들은 생리활성성분 및 항산화 활성은 우월하나 색상이 좋지 않으며, 반면에 2사분면에 위치한 6, 19, 24 등의 품종들은 생리활성성분 및 항산화 활성은 좋지 않으나 색상은 좋은 것으로 나타났다. 3사분면에 위치한 15, 16, 17 등 품종은 측정한 모든 특성에서 낮은 값을 나타내었다.

8. 군집분석을 통해 24개 신품종 고추는 4개의 군으로 분류되었다. 제1군은 ‘품종 5, 11, 1, 13, 14, 3, 12, 23, 17’ 총 9개 품종을 속하였으며 생리활성 성분 및 항산화 특성에 뚜렷한 특성을 보이지 않은 품종들이었다. 제2군은 ‘품종 6과 19’ 2개 품종을 포함하였으며, 색상 특성이 매우 우수한 품종이었다. 제3군에는 ‘품종 15, 16, 18, 10, 24’ 5개의 품종이 속하였는데 다른 군에 비해 생리활성 성분 및 항산화 특성을 좋지 않은 품종들이었다. 또한, 제4군의 속한 ‘품종 2, 4, 8, 21, 7, 20, 22, 9’ 들은 생리활성 성분 및 항산화 특성이 다른 군보다 우수한 품종들이었다.

이번 연구를 통해 신품종 고추 간의 색상, 생리활성 성분 함량 및 항산화능의 차이를 확인하였으며, 한국의 기존 품종에 비해 대체적으로 품질이 향상된 품종임을 검증하였다. 주성분분석 및 군집분석으로 분석된 결과에 따라 제2군에 속한 ‘품종 6과 19’ 은 색상이 매우 우수하면서 순한 맛을 내는 품종들이며, 이 2 가지 품종은 색상과 순한 맛이 중요시되는 어린이를 대상으로 한 음식의 원료로 사용이 적합하며, 따라서 어린이용 김치 등을 제조할 때 사용할 수 있을 것으로 생각되었다. 제4군에 속한 품종들은 생리활성 성분이 많고 항산화활성이 높으므로, 이런 품종들을 활용하여 기능성 고추장, 기능성 글로벌 고추 소스를 개발하기에

사용하기가 적합한 것으로 사료된다. 이와 같이 신품중 고추의 특성에 따라 다양한 식품이나 음식에 적용하여 기존 제품의 단점을 보완하면서 새로운 소비를 창출과 경쟁력을 확보할 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 새로 육종한 신품중 고추의 품질 차이를 분석하고 생리활성 성분의 우수성을 확인하는 기초 연구로써, 기능성 식품소재로써의 고추의 이용 가능성을 증진시킬 수 있는 기초 자료가 될 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- 권대영, 정경란, 양혜정 장대자. 2010. 고추 이야기. 효일 출판, 서울, 한국, pp. 27-35
- 농촌진흥청. 2012. 살수대첩을 꿈꾸며, 고추산업의 미래를 위한 준비
- 농림수산식품부. 2012 고추가공용품 수출 연구 사업단
- 식품공전. 2002. 제 7 일변실험법. pp. 289
- 최용석, 정광모. 2001. 실무자를 위한 MINITAB 다변량 분석. 이레테크 출판, 서울, 한국
- 통계청. 2012. 2012년 고추, 참깨 생산량 조사 결과
- 한국산업규격. 2008. KS H2157 고춧가루
- 한국산업규격. 2010. KS H 2120 고추장
- 한국농촌경제연구원. 2013. 농업전망 2013. pp. 431-440
- Affuquayefio, VK, Buckle KA. 1987. Rapid Sample Preparation Method for HPLC Analysis of Capsaicinoids in Capsicum Fruits and Oleoresins. J of Agric. Food Chem. 35(5): 777-779

- Akio M, Soren L, O'Kelly J, Takashi K, Desmond JC, Pervan M, McBride WH, Masahiro K, Koeffler H.P. 2006. Capsaicin, a Component of Red Peppers, Inhibits the Growth of Androgen-Independent, p53 Mutant Prostate Cancer Cells. *Cancer Res.* 66: 3222-3229
- ASTA. 1986. Official Analytical Method of the American Spice Trade Association, 2nd ed. ASTA analytical method 20.1
- Bahorun T, Luximon-Ramma A, Crozier A, Aruoma O. 2004. Total Phenol, Flavonoid, Proanthocyanidin and Vitamin C Levels and Antioxidant Activities of Mauritian Vegetables. *J Sci Food Agric.* 84:1553-1561
- Brand-Williams W, Cuvelier, M.E, Berset C. 1995. Use of A Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity. *Food Science and Technology.* 28: 25-30
- Chiang GH. 1986. HPLC Analysis of Capsaicins and Simultaneous Determination Capsaicins and Piperine by HPLC-ECD and UV. *J. Food Sci.* 51(2): 499-503(1986)
- Choi OS, Ha BS. 2004. Changes in Volatile Components and Capsaicin of Oleoresin Red Pepper during Cooking. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 23(2): 232-237
- Choi SH. 2006. Ascorbic Acid of Korean Pepper by Cultivating Season, Region and Cooking Method. *J East Asian Soc Dietary*

Life. 16(5): 578–584

Choi SM, Jeon YS, Park KY. 2000. Comparison of Quality of Red Pepper Powders Produced in Korea. Korean J. Food Sci. Technol. 32(6): 1251–1257

Chu YH, Chang CL, Hsu HF. 2000. Flavonoid Content of Several Vegetables and Their Antioxidant Activity. J Sci Food Agric. 80: 561–566

Davidek JR, Velisek J, Pokorny J. 1990. Chapter 5. Sensorically Active Compounds. pp 302–333. Chemical Changed During Food Processing. Avicenum, Czechoslovak Medical press. Czechoslovakia

Gnayfeed MH, Daood HG, Biacs PA and Alcaraz CF. 2001. Content of Bioactive Compounds in Pungent Spice Red Pepper (Paprika) as Affected by Ripening and Genotype. J Sci Food Agric. 81: 1580–1585

Goodwin T.W. 1976. Part IV. Analysis Methods, Chapter 19. Carotenoid, pp 149–150, Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments, 2nd ed. Academic press ICN. London

Gropper SS, Smith JL, Groff JL. 2009. Section III. The Regulatory Nutritions. Chapter 9. The Water–Souble Vitamins. pp. 11–320. Advanced Nutrition and Human Metabolism. 5th ed. Nelson Education, Ltd. Canada

- Han HM. 2009. Change of Antioxidant Activity of Wheat Flour Dough with the Addition of Phenolic Compounds at the Different Baking Process. MS thesis, Kemyung University, Daegu, Korea
- Howard LR, Talcott ST, Brenes CH, Villalon B. 2008. Changes in Phytochemical and Antioxidant Activity of Selected Pepper Cultivars(*Capsicum* Spices) as Influenced by Maturity. J. Agric. Food Chem. 48: 1417–1720
- Hwang IG, Kim HY, Lee JS, Kim HR, Cho MC, Ko IB, Yoo SM. 2011. Quality Characteristics of Cheongyang Pepper(*Capsicum annuum* L.) according to Cultivation Region. J Korean Soc Food Sci Nutr. 40(9): 1340–1346
- Hwang JM, Chung KM. 1998. Investigation of Distribution and Quality of Dried Red pepper(*Capsicum annuum* L.) in Andong Market. J. Kor. Soc. Hort. Sci 39(6): 702–706
- Jeon SN. 2009. Characteristic of General Chemical Properties and Flavor Components in *Capsicum annuum* sp. Peppers. PhD thesis, ChoSun University, Gwangju, Korea
- Jung JK, Lee SJ, Park SW, Kim WG, Moon SI. 2007. Characteristics of Taste on Red Pepper Powder Products in Daegu and Gyeongbuk Area. Gyeongsangbuk-do Report of S.I.H.E., 20: 39–57

- Jung MR, Hwang Y, Kim HY, Cho MC, Hwang IG, Yoo SM, Jeong HS, Lee JS. 2011. Evaluation of Biological Activity in Pepper (*Capsicum annuum* L.) Breeding Lines. J Korean Soc Food Sci Nutr. 40(5): 642–648
- Kang HM, Park HS, Kwon KR, Rhim TJ. 2007. A Study on the Comparison of Antioxidant Effects between Hot Pepper Extract and Capsaicin. Journal of Pharmacopuncture. 11(1): 109–118
- Kang YR. 2013. Quality Characteristics of Red Pepper Powder with Drying Methods. MS thesis. Chungbuk University. Cheonju, Korea
- Kawada T, Watanabe T, Katsura K, Takami H, Iwai K. 1985. Formation and Metabolism of Pungent Principle of *Capsicum* Fruits. J chromatogr. 329: 99–105
- Kim DO, Lee LW, Lee HJ, Lee CY. 2002. Vitamin C Equivalent Antioxidant Capacity (VCEAC) of Phenolic Phytochemicals. J. Agric. Food Chem. 50: 3713–3717
- Kim EY, Baik IH, Kim JH, Kim SR, Rhyu MR. 2004. Screening of the Antioxidant Activity of Some Medicinal Plants. J. Food Sci. Technol. 36(2): 333–338
- Kim JY, Lee CR, Cho KH, Lee JH, Lee KT. 2009. Antioxidative and Lp-PLA2 Inhibitory Activities in 29 Fruits and

Vegetables. Korea J. Food preserv. 16(4): 512–517

Kim KS, Park JB, kim SA. 2007. Quality Characteristics of *Kochujang* Prepared with Korean Single-Harvested Pepper (*Capsicum annuum* L.). J Korean Soc Food Sci Nutr. 36(6): 759–765

Kim SA. 2002. Pigment compositions of Korean red Pepper(*Capsicum annuum* L.) and Pigment Stability under Drying and Storage Conditions. PhD thesis, Seoul National University, Seoul, Korea

Ku KH, Kim NY, Park JB, Park WS. 2001. Characteristics of Color and Pungency in the Red Pepper for Kimchi. Korean J. Food Sci. Technol. 33(2): 231–237

Lee CH. 2010. Antioxidant and Antiproliferative Activity of the Methanol Extracts from Sprout Vegetable. MS thesis, Chungbuk National University, Cheongju, Korea

Lee HD, Kim MH, Lee CH. 1992. Relationships between the Taste Components and Sensory Preference of Korean Red Peppers. Korean J. Food Sci. Technol. 24(3): 266–271

Lee JS, Kang KK, Hirata Y, Nou IS, Thanh VC. 2005. Comparative Chemical Composition among the Varieties of Korean Chill Pepper. Korean J. Plant Res. 8(1): 17–26

- Lee MY, Yoo MS, Whang YJ, Jin YJ, Hong MH, Pyo YH. 2012. Vitamin C, Total Polyphenol, Flavonoid Contents and Antioxidant Capacity of Several Fruit Peels. *korean J. Food Sci. Technol.* 44(5): 540–544
- Lee S. 2013. Anti-proliferative Effect of Pepper(*Capsicum annuum* L.) Extracts and Their Carotenoids on Various Human Prostate Cancer cells. PhD thesis, Seoul University, Seoul, Korea
- Lim YR, Kyung YN, Jeong HS, Kim HY, Hwang IG, Yoo SM, Lee JS. 2012. Effects of Drying Methods on Quality of Red Pepper Powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 41(9): 1315–1319
- Menichini F, Tundis R, Bonesi M, Loizzo MR, Conforti F, Statti G, Cindio BD, Houghton PJ, Menichini F. 2009. The Influence of Fruit Ripening on the Phytochemical Content and Biological Activity of *Capsicum Chinense* Jacq. cv Habanero. *Food Chemistry.* 114: 553–560
- Minguez–Mosquera MI, Jaren–Galan M, Garrido–Fernandez J. 1992. Color Quality in Paprika. *J. Agric. Food Chem.* 40: 2384–2388
- Minguez–Mosquera MI, Perez–Galvez A. 1998. Color Quality in Paprika Oleoresins. *J. Agtic. Food Chem.* 46: 5124–5127

- Osuna-Garcia JA, Wall MM, Waddell CA. 1998. Endogenous Levels of Tocopherols and Ascorbic Acid during Fruit Ripening of New Mexican-Type Chile (*Capsicum annuum* L.) Cultivars. J. Agric. Food Chem. 46: 5093–5096
- Palacios I, Lozano M, Moro C, D' Arrigo M, Rostagno M.A, Martinez J.A, Garcia-Lafuente A, Guillamon E, Villares A. 2011. Antioxidant Properties of Phenolic Compounds Occurring in Edible Mushrooms. Food Chemistry. 128: 674–678
- Park CR. 1975. A Study on the Influence of Drying Methods upon the Chemical Changes in Red Pepper–1. Change of Carotenoid, Capsaicin and Vitamin C. Korean J Nutr. 8(4): 33–37
- Park SM. 2011. Pungency Analysis of Red Pepper Powder Depending on Regions and Varieties and Effect of Drying Methods on its Quality. MS thesis, Chungbuk University, Cheongju, Korea
- Polacsek-racz M, Pauli MP, horvath G, Vamos-Vigyazo L. 1981. Enzymatic Determination of Sugar in Red Pepper. Z lebensm Unters Forsch. 172: 115–117
- Ramakrishnan T.V, Francis F.J. 1973, Color and Cartoenoid Changes in Heated Paprika. Jouranl of Food Science. 38: 25–28

- Rodriguez–Burruezo A, Gonzalez–Mas MDC, Fernado N. 2010. Carotenoid Composition and Vitamin A Value in Aji (*Capsicum baccatum* L.) and Rocoto (*C. pubescens* R. & P.), 2 Pepper Species from the Andean Region. Journal of Food Science Vol. 75(8): 446–453
- Rosa A, Deiana M, Casu V, Paccagnini S, Appendino G, Ballero M, Dessi M.A. 2002. Antioxidant Activity of Capsinoids. J.Agric. Food Chem. 50: 7396–7401
- Scalbert A, Johnson IT, Saltmarsh M. 2005. Polyphenol: Antioxidant and Beyond. Am J Clin Nutr 81: 215s–217s
- Son SM, Lee JH, Oh MS. 1995. A Comparative Study of Nutrients and Taste Components in Korean and Imported Red Peppers. Korean J Nutrition. 28(1): 53–60
- Sung MS, Kang HJ, Kim YS. 2012. Relationship between Physicochemical and Sensorial Properties of Red Pepper Powder under Different Storage Conditions. J korean Soc Food Sci Nutr 41(10): 1423–1430
- Todd PH, Bensinger MG, Biftu T. 1977. Determination of Pungency due to Capsocim by Gas–Liquid Chromatography. Jouranl of food science. 42(3): 660–665
- Topuz A, Dincer C, Ozdemir KS, Feng Hao, Kushad M. 2011. Influence of Different Drying Methods on Carotenoids and

Capsaicinoids of Paprika(Cv., Jalapeno). Food Chemistry. 129: 860–865

Topuz A, Ozdemir F. 2007. Assessment of Carotenoids, Capsaicinoids and Ascorbic acid Composition of Some Selected Pepper Cultivars (*Capsicum annuum* L.) Grown in Turkey. Journal of Food Composition and Analysis 20: 596-602

Yoo KM. 2004. Antioxidant Activity and Chemopreventive Effects on the Induced Prostate Cancer of Yuze(*Citrus Junos*). PhD thesis, Seoul National University, Seoul, Korea

Yoon JM, Jun JJ, Lim SC, Hee Lee KH, Kim KT, Jeong HS, Lee JS. 2010. Changes in Selected Components and Antioxidant and Antiproliferative Activity of Peppers Depending on Cultivation. J Korean Soc Food Sci Nutr. 39(5): 731–736

Zhang WY, Po A. LW. 1994. The Effectiveness of Topically Applied Capsaicin. Eur J Clin Pharmacol.46: 517–522

Zhuang YL, Chen L, Sun L, Cao JX. 2012. Bioactive Characteristics and Antioxidant Activities of Nine Peppers. Journal of Function foods. 4: 331–338

Abstract

Studies of Color Properties and Bioactive Components in New Varieties of Red Pepper

Ying, Huang

Department of Food and Nutrition

The Graduate School

Seoul National University

The objectives of this study were to investigate the color properties and bioactive components in 24 new varieties of red pepper by cross-breeding of different Korean red pepper breeding lines.

There were not big differences between varieties on Hunter's color values. The ASTA color values ranged from 116.69 to 249.83 and total carotenoid contents ranged from 3.19 to 6.11 mg/g dried red peppers. The ASTA color values and total carotenoid contents were higher than the average content of Korean red peppers. Free sugar contents ranged from 4.33% to 19.95% and fructose contents were higher than glucose.

The ascorbic acid, total polyphenol and flavonoid contents ranged of 8.08–11.53 mg/g, 7.93–14.26 mg gallic acid/g and

4.24–10.07 mg quercetin/g in dried peppers, respectively. And the total polyphenol contents were higher than the average content of Korean red peppers. The total capsaicinoid contents showed wide variations from 0.42 to 237.87 mg/100g dried peppers.

According to the Korean Industrial Standard, '2, 4, 8, 9, 17, 20, 21, 22' could be classified as 'Heat' although only '2, 4, 8, 21' can be classified as 'Heat' by SHU.

The pepper methanol extracts showed antioxidant activity in a dose dependent manner. The highest correlation between the antioxidant activities and polyphenol contents ($r=0.804$, $r=0.701$) was established.

The PCA showed the properties of the new varieties of red peppers. According to HCA, 24 varieties of red pepper could be classified to 4 groups. '5, 11, 1, 13, 14, 3, 12, 23 and 17' belonged to group I, which bioactive components and antioxidant activities of were in the middle level. '6 and 19' belonged to group II, which color properties of were better than others. '15, 16, 18, 10 and 24' belonged to group III, which were not good at bioactive components and antioxidant activities and '2, 4, 8, 21, 7, 20, 22 and 9' belonged to group IV, which were best on bioactive components and antioxidant activities.

In conclusion, these results provided knowledge about the differences of color properties, bioactive components and antioxidant activities in new varieties of red pepper. We identified that the qualities of new varieties of red pepper were improved and the availability as functional food material will be improved, too.

Key words: new varieties of red pepper, bioactive components, color properties, antioxidant activity, PCA and HCA

Student number : 2012-22651